RWTÜV
TÜV CERT EN ISO 9001
دارای گواهینامه ایزو ۹۰۰۱
در زمینه نشر کتاب و طراحی جلد

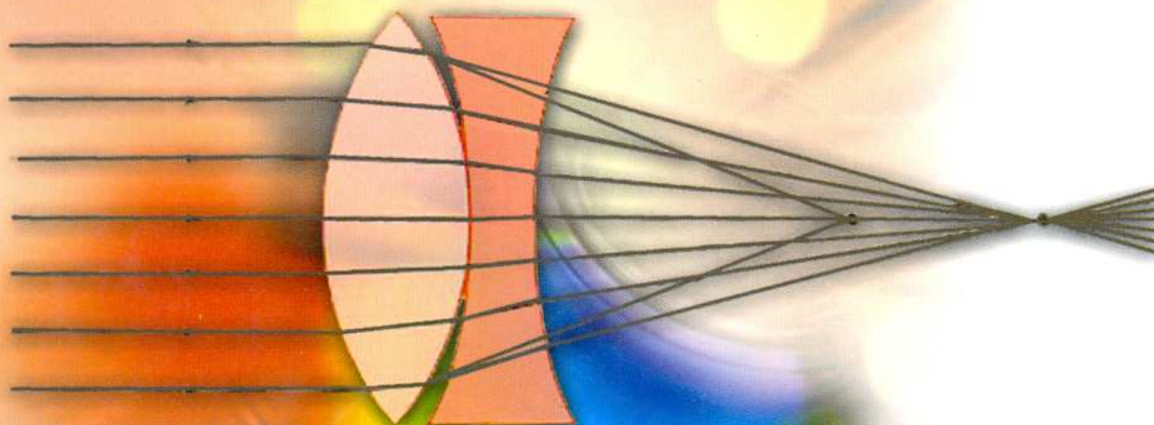
مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

# فیزیک عمومی

## (نور)

(خلاصه درس، پرسشهای چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی)

ویژه آزمونهای کارشناسی به کارشناسی ارشد



در این کتاب می‌خوانید:

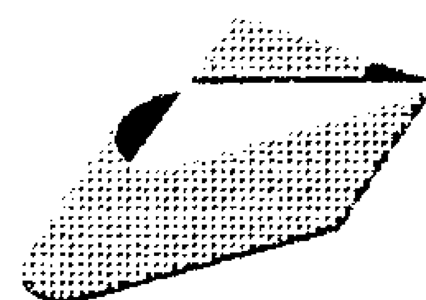
- خلاصه ای از مباحث نور
- پرسشهای چند گزینه ای همراه باپاسخنامه تشریحی نور مطرح شده در آزمونهای کارشناسی ارشدرشته های فیزیک پزشکی، فیزیک دریا، ژئو فیزیک، هواشناسی، فلسفه علم، مهندسی عمران و آزمونهای GRE
- قابل استفاده برای دانشجویان دردروس فیزیک پایه



مؤلفان: ناصر زارع دهنوی   حسین محسنی پور

به نام خدا





مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

# فیزیک عمومی (نور)

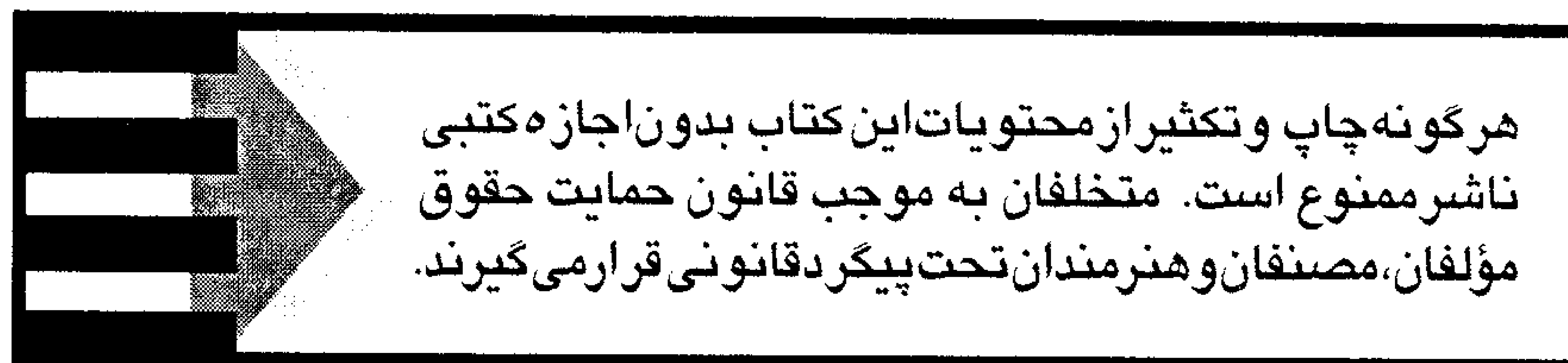
## (ویژه آزمونهای کارشناسی به کارشناسی ارشد)

مؤلفان :
حسین محسنی پور
ناصر زارع دهنوی

RWTÜV




دارنده گواهینامه ISO 9001/2000
در زمینه نشر کتاب و طراحی جلد




**فیزیک عمومی (نور) ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد**

**مؤلفان :** حسین محسنی‌پور ـ ناصر زارع دهنوی

**ناشر :** مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

**حروفچینی و صفحه‌آرایی :** مجتمع فنی تهران

**طرح روی جلد :** مجتمع فنی تهران

**چاپ :** چاپ جلالی

**نوبت چاپ :** اول

**تاریخ نشر :** تیر ماه ۱۳۸۲

**تیراژ :** ۳۰۰۰ نسخه

**قیمت :** ۹۸۰۰ ریال

**شابک : ۰- ۳۰۸-۳۵۴-۹۶۴**

**ISBN : 964-354-308-0**

محسنی‌پور ، حسین

فیزیک عمومی (نور) (ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد)/ مؤلفان حسین محسنی پور ؛ ناصر زارع دهنوی -- تهران : مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران ، ۱۳۸۲ .

۱۲۷ص. : مصور، نمودار.

ISBN 964-354-308-0

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا .

۱. دانشگاهها و مدارس عالی -- ایران -- آزمونها .۲. فیزیک -- آزمونها و تمرینها (عالی). ۳. نور -- آزمونها و تمرینها (عالی) .۴. آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی -- ایران. الف. زارع دهنوی، ناصر. ب. عنوان

۹۳ ف۲۸۳۸ م/LB۲۳۵۳ ۳۷۸/۱۶۶۴

کتابخانه ملی ایران ۵۴۳۷-۸۲ م

**آدرس: سعادت آباد، بلوار بهزاد(ضلع شمالی پارک سعادت آباد)، نبش باغستان یکم، شماره ۱۰**

**تلفن : ۵- ۲۰۹۰۰۰۱ فکس : ۲۳۵۲۶۲۶ صندوق پستی: ۹۴۳/ ۱۴۳۳۵**

# فهرست مطالب

## مقدمه ناشر

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و کشاورزی و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گامهایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی و چشمگیر در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع-رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. در این راستا ، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاشهای مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت " آقایان حسین محسنی پور و ناصر زارع دهنوی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته و شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

**ویراستاری : آقای مهدی رئوفی**

**ویرایش کامپیوتری و صفحه‌آرایی : خانم مریم فرجیان**

**طراحی روی جلد : خانم شیما صدرا**

**امور چاپ و نشر : آقای حیدر شفیعی**

**ناظر چاپ : آقای کریم براغ**

در خاتمه از عموم هموطنان عزیز و دانش پژوهان گرامی خواهشمندیم ما را با ارائه پیشنهادها و انتقادهای خود در بهبود کمی و کیفی کارهای انجام شده راهنمایی نمایند تا بتوانیم در آینده کتابهایی با کیفیت بهتر تقدیم حضورشان کنیم.

**مدیر انتشارات**

**مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران**

# مقدمه مؤلفان

کتاب حاضر شامل مبحث نور همراه با تستهای مربوطه که در آزمونهای کارشناسی ارشد (آموزش عالی و آزاد اسلامی) آورده‌اند، می‌باشد. تستهای آزمونهای فیزیک پزشکی، فیزیک دریا، ژئوفیزیک ، هواشناسی ، فلسفه علم، مهندسی عمران و آزمونهای GRE همراه با پاسخهای تشریحی در آخر هر فصل آمده‌اند. از آنجا که سطح بسیاری از سؤالات نزدیک به هم است. لذا مطالعه کلیه تستها به خواننده توصیه می‌شود . البته در برخی رشته‌ها سؤالات تخصصی‌تر وجود دارد، ولی از تمام رشته‌ها سؤالاتی انتخاب شده‌اند که جنبه عمومی دارند. در هر فصل خلاصه‌ای از مطالب مربوطه نیز آورده شده است. مؤلفان ضمن پوزش از هرگونه خطا و یا نقص احتمالی در کتاب حاضر از تذکرات و راهنمایی خوانندگان محترم برای رفع نقص در چاپهای بعدی کمال تشکر را دارند.

**حسین محسنی پور**

**ناصر زارع دهنوی**

# فصل اول

# ماهیت و انتشار نور

## ۱- ۱ مقدمه

از نظر تاریخی، ابتدا نیوتون نظریه ذره‌ای نور را مطرح کرد. بر اساس این نظریه نور از ذراتی تشکیل شده است که به خط مستقیم حرکت می‌کنند. از دلایل تجربی که مؤید این نظریه بودند می‌توان از تشکیل سایه و نیم سایه، بازتابش و شکست نور و هم چنین تناسب شدت نور با عکس مجذور فاصله از چشمه نور نام برد.

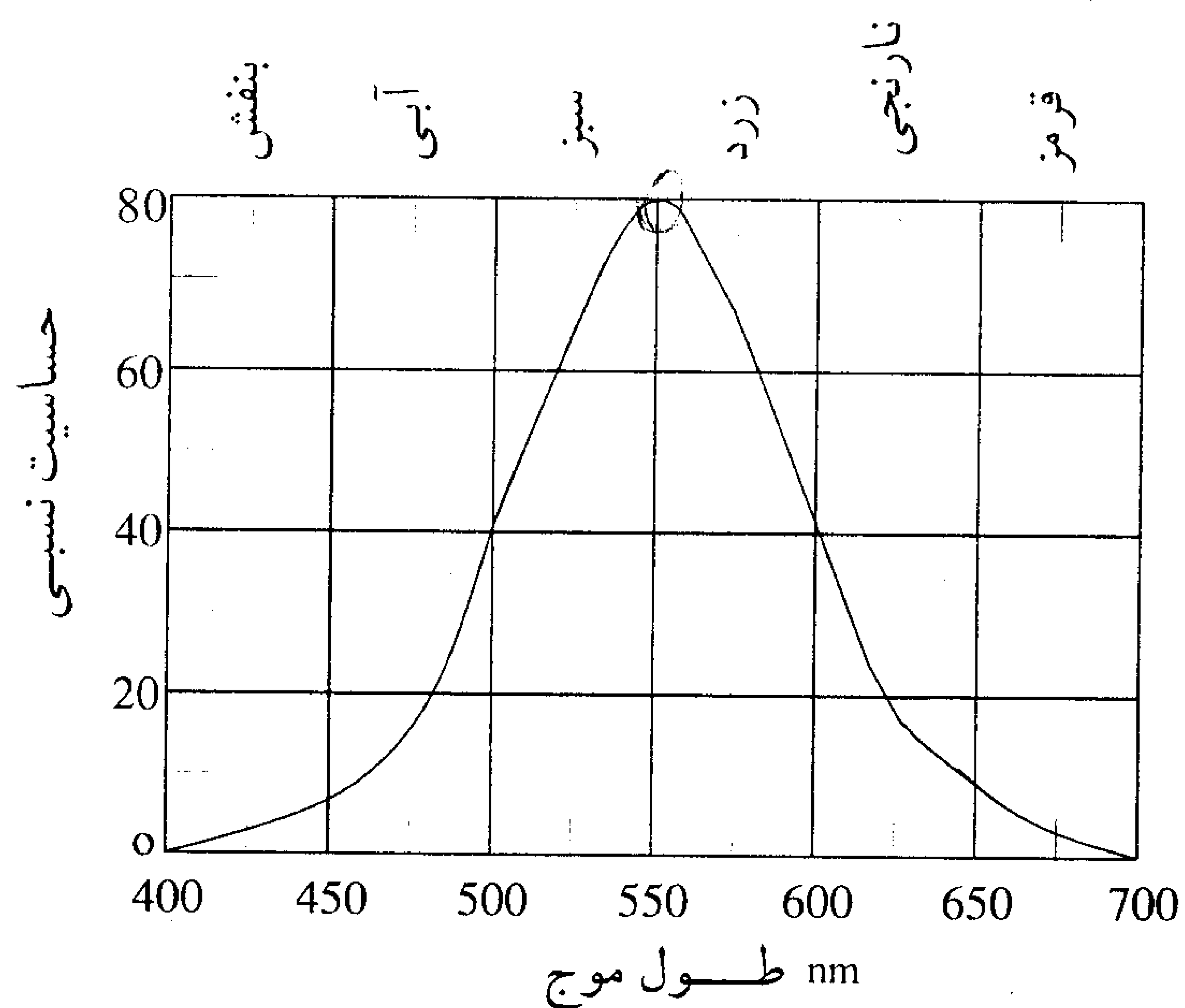
نظریه موجی که بعداً توسط هویگنس مطرح شد، نور را یک نوع موج می‌داند و نه جریانی از ذرات. البته در نظریه هویگنس چیزی در مورد ماهیت موج و یا موج الکترومغناطیسی که بعدها توسط ماکسول بیان شد، اشاره‌ای نمی‌شود. بر اساس نظریه هویگنس نور به صورت موج گسیل می‌شود و تمام نقاط روی یک جبهه موج را می‌توان چشمه‌هایی در نظر گرفت که مولّد موجکهای کروی ثانویه‌اند، پس از زمان t ، مکان جدید این جبهه موج سطحی است که بر این موجکهای ثانویه مماس است.

پس از مشاهده آثار تداخل و پراش، نظریه موجی بر نظریه ذره‌ای برتری پیدا کرد و پس از مطرح شدن نظریه الکترومغناطیس توسط ماکسول و کشف امواج الکترومغناطیس توسط هرتز، نور به عنوان یک موج الکترومغناطیس شناخته شد.

## ۲- ۱ نور مرئی

نور مرئی بخشی از طیف الکترومغناطیس است و در واقع تابشی است که بر چشم اثر می‌گذارد. طول موج نور مرئی در خلأ حدوداً از ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm می‌باشد.

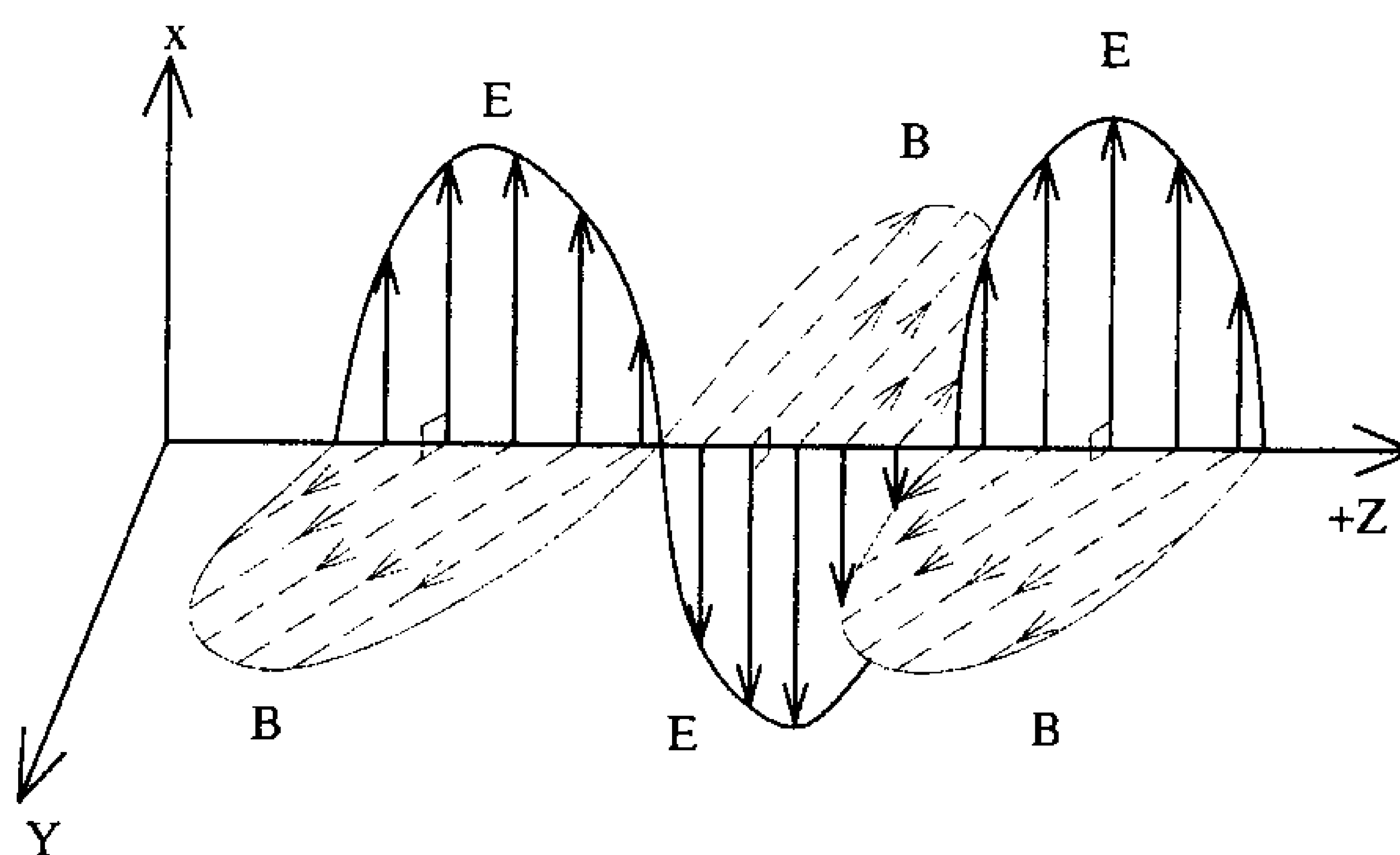
می‌دانیم که موج الکترومغناطیس یک آشفتگی الکترومغناطیسی متشکل از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی نوسانی عمود بر هم است که با سرعت نور حرکت می‌کند. این سرعت در خلأ ثابت و برابر با $C = ۲۹۹۷۹۲/۴۵۷۴ \ \frac{km}{s}$ است. در زیر منحنی حساسیت چشم نسبت به طول موجهای مختلف ترسیم شده است.




در زیر شکل یک موج الکترومغناطیس را که در خلأ و در جهت z + با فرکانس $\upsilon$ و طول موج $\lambda$ منتشر می شود داریم :

$\omega = ۲\pi\upsilon$ و $k = \frac{۲\pi}{\lambda}$

$E_X = E_M \sin(kz - \omega t)$ و $B_y = B_M \sin(kz - \omega t)$




باید توجه داشت که رنگ نور بستگی به فرکانس آن دارد. هنگامی که نور از محیطی وارد محیط دیگر می‌شود طول موج و سرعت آن تغییر می‌کند: اما فرکانس نور بدون تغییر خواهد ماند.

$\nu = \frac{V}{\lambda}$

## ۳-۱ دوگانگی موجی ذره‌ای

با انجام آزمایشاتی همچون اثر فتوالکتریک، مکانیک کوانتومی نشان داد که نور گاهی اوقات از خود رفتار ذره‌ای نشان می‌دهد. این ذرات فوتون نامیده شدند. انرژی هر فوتون برابر است با :

$$E = h\upsilon$$

که $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}$ J.s ثابت پلانک و $\upsilon$ فرکانس نور است.

$$\lambda\upsilon = c \Rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} = pc$$

$p = \frac{h}{\lambda}$ اندازه حرکت فوتون است.

## ۴-۱ نور هندسی و نور موجی

در صورتی که ابعاد جسم بسیار بزرگتر از طول موج نور باشد، اثرات موجی قابل مشاهده نیست. در این حالت می‌توان نور هندسی را به کار برد، به عبارتی می‌توان نور را به صورت ذراتی در نظر گرفت که به خط مستقیم سیر می‌کنند. به عنوان مثال هنگامی که سایه و نیم‌سایه یک جسم بزرگ را مشاهده می‌کنیم، آثار پراش در لبه سایه قابل مشاهده نیست و یا در کار با آینه‌های تخت، آینه‌های کروی و یا عدسیها فرض می‌کنیم که نور به خط مستقیم حرکت کرده و اپتیک هندسی را به کار می‌بریم.

اگر ابعاد جسم در مقایسه با ابعاد طول موج بزرگ نباشد و یا نزدیک به طول موج نور باشد، اثرات موجی قابل مشاهده بوده و در این حالت نور موجی را در مورد تابش به کار می‌بریم. به عنوان مثال هنگامی که آثار تداخلی ناشی از دو شکافی یانگ (ابعاد شکاف‌ها کوچک است) را بررسی می‌کنیم اپتیک موجی را به کار می‌بریم.

## ۵-۱ انرژی

انرژی ساطع شده در واحد زمان در واحد سطح (توان در واحد سطح و یا آهنگ شارش انرژی در واحد سطح) توسط بردار پوئینتینگ $\vec{S}$ توصیف می‌شود :

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$$

جهت این بردار، جهت انتشار انرژی و اندازه این بردار مقدار انرژی ساطع شده در واحد زمان و در واحد سطح است.

**مثال : توان متوسط بر واحد سطح**

یک موج الکترومغناطیس تخت که در خلاء و با سرعت c در جهت z + حرکت می‌کند را در نظر می‌گیریم $E_z = 0$ و $B_z = 0$

$$E_x = E_0 \sin(kz - \omega t) \quad \text{و} \quad B_y = B_0 \sin(kz - \omega t)$$

چون $\vec{E}$ بر $\vec{B}$ عمود است، اگر $\vec{E}$ در جهت x باشد $\vec{B}$ در جهت y است. برای یک موج تخت در فضای تهی $E = BC$ است.

$$\vec{E} \perp \vec{B} \Rightarrow S = |\vec{S}| = \left|\frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}\right| = \frac{1}{\mu_0}E_x B_y \sin 90$$

$$= \frac{1}{\mu_0}E_0 B_0 \sin^2(kz - \omega t) = \frac{E_0^2}{\mu_0 c}\sin^2(kz - \omega t)$$

$$\bar{S} = \frac{E_0^2}{\mu_0 C}\frac{1}{T}\int_0^T \sin^2(kz - \omega t)dt = \frac{E_0^2}{2\mu_0 C}$$

که $E_0$ یا $E_M$ حداکثر میدان الکتریکی است.

## ۶- ۱ تکانه

یک باریکه نور را در نظر بگیرید که در مدت زمان t به جسمی بتابد و تماماً جذب شود. اگر انرژی جذب شده در این مدت U باشد، تکانه منتقل شده به جسم برابر است با $P = \frac{U}{C}$

اگر نور تماماً بازتاب پیدا کند، تکانه منتقل شده به جسم، دو برابر مقدار قبلی است: $P = \frac{2U}{C}$

**مثال : نیرو و فشار تابش**

موج الکترومغناطیسی تختی را در نظر می‌گیریم که در خلاء و در جهت z + منتشر می‌شود و به صفحه کاملاً جذب‌کننده‌ای به مساحت A که عمود بر جهت انتشار نور قرار گرفته است، منتقل می‌شود.

$$\bar{S} = \frac{E_0^2}{2\mu_0 C} = I$$

انرژی کل جذب شده در زمان t $\quad U = \bar{S}At = \frac{E_0^2 At}{2\mu_0 C}$

تکانه منتقل شده $\quad P = \frac{U}{C} = \frac{E_0^2 At}{2\mu_0 C^2}$

می‌دانیم که $C^2 = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0}$ بنابراین $p = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 At$

نیروی وارده به جسم = آهنگ جذب تکانه $F = \frac{p}{t} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 A$

فشار تابش $P = \frac{F}{A} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2$

از اثبات مفصل رابطه $P = \frac{U}{C}$ خودداری می‌کنیم ولی یادآوری می‌کنیم که انرژی هر فوتون $E = P\,C$ بوده و بنابراین هنگامی که فوتون کاملاً جذب می‌شود اندازه حرکت خود را به جسم منتقل می‌کند $P = \frac{E}{C}$ .

## ۷- ۱ اثر دوپلر

در صورتی که چشمه و ناظر نسبت به یکدیگر ساکن نباشند، با توجه به آن‌که سرعت نورهمیشه ثابت است، فرکانس و طول موج به گونه‌ای تغییر می‌کنند که حاصل ضرب آنها $\lambda\upsilon = c$ همیشه ثابت بماند.

فرکانس دریافتی نور $\upsilon'$ بر حسب فرکانس چشمه $\upsilon$ هنگامی که چشمه و ناظر از هم دور می‌شوند عبارت است از :

$$\upsilon' = \upsilon\frac{1-\frac{u}{c}}{\sqrt{1-(\frac{u}{c})^2}}$$

که $u$ سرعت نسبی دور شدن چشمه و ناظر است. اگر چشمه و ناظر به یکدیگر نزدیک شوند در معادله بالا $u \to -u$ تبدیل خواهد شد.

## ۸-۱ پرسشهای چندگزینه‌ای

**۱- در کدام یک از شرایط زیر می‌توان نور هندسی را در مورد تابش نور به اجسام به کار برد؟**
**(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۰ و ۸۱)**

۱- وقتی ابعاد جسم بسیار بزرگتر از طول موج نور باشد.

۲- وقتی ابعاد جسم بسیار کوچکتر از طول موج نور باشد.

۳- وقتی ابعاد جسم برابر ابعاد طول موج نور باشد.

۴- در همه شرایط

**۲- دو لامپ با توان مساوی، یکی نور تکفام قرمز و دیگری نور تکفام آبی را منتشر می‌سازند. اگر تعداد فوتونهای انتشار یافته از این دو لامپ را به ترتیب با $n_1$ و $n_2$ نشان دهیم، در این صورت کدام رابطه صحیح است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری ـ ژئودزی) ۸۱)**

۱- $n_1 < n_2$ ۲- $n_1 > n_2$ ۳- $n_2 = \frac{n_1 + 1}{n_1}$ ۴- $n_1 = \frac{n_2 + 1}{n_2}$

**۳- سرعت مسیر نور در خلاء به کدام عامل بستگی دارد ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)**

۱- شدت نور ۲- طول موج ۳- فرکانس ۴- هیچ کدام

**۴- برای یک نور تکفام شدت از رابطه $I = \frac{E_m^2}{2\mu_0 C}$ به دست می‌آید این شدت اندازه متوسط برداری است که به شکل زیر نمایش داده می‌شود.**

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)**

۱- $\vec{E} \times \vec{B}/\mu_0$ ۲- $\vec{E} \times \vec{B}/\mu_0 C$

۳- $\vec{E}_m \times \vec{B}_m/\mu_0$ ۴- $\vec{E}_m \times \vec{B}_m/\mu_0 C$

**۵- تابشی با توان p روی سطح یک جسم فرود می‌آید و کسری از آن برابر f جذب و بقیه بازتاب می‌گردد نیروی تابشی وارد بر جسم چقدر است ؟**

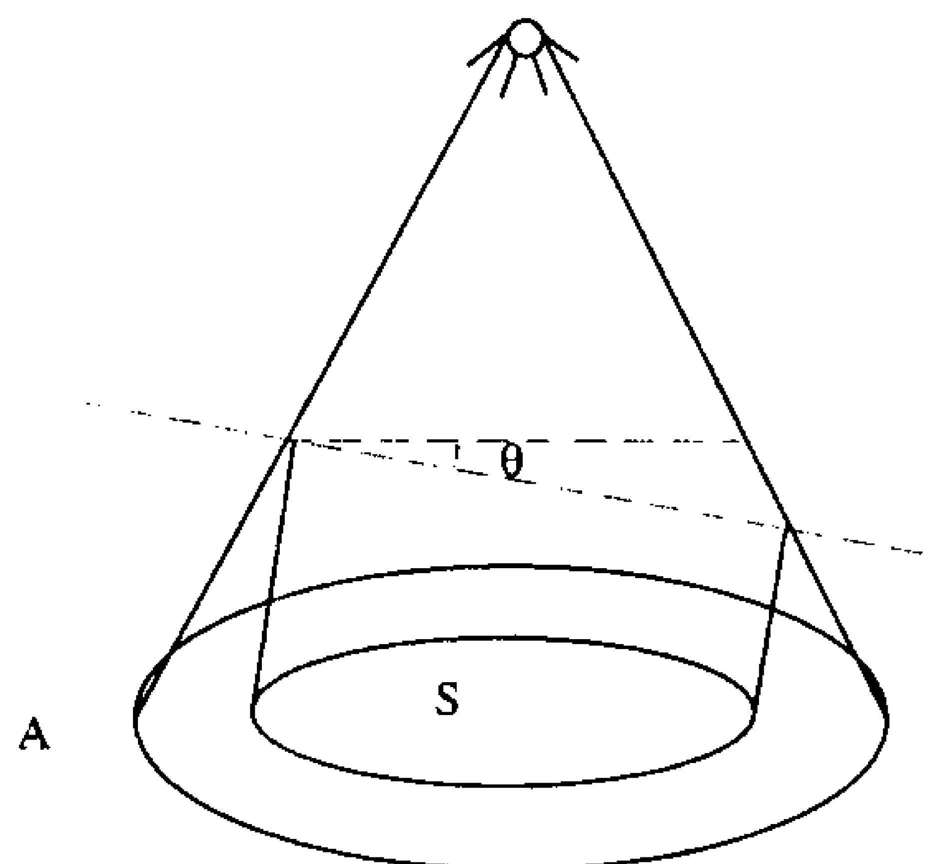
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱- $2p + \frac{f}{c}$ ۲- $\frac{p(2-f)}{c}$ ۳- $2p - \frac{f}{c}$ ۴- $\frac{2p - f}{c}$

**۶- از یک شکاف مستطیل شکل باریک به طول ۱۰ Cm، در هر ثانیه ۰/۲۵ ژول نورانی خارج می‌شود. شدت انرژی نورانی در فاصله ۲۵ Cm از این شکاف (بر حسب وات بر مترمربع) چقدر است ؟** **(کنکور کارشناسی ارشد ژئو فیزیک و هواشناسی ۸۱)**

۱- $1/59 \times 10^{-4}$ ۲- ۰/۳۲ ۳- ۱/۵۹ ۴- ۳/۲۰

۷- مخروطی را در نظر بگیرید با یک لامپ الکتریکی که در رأس آن واقع است و به وسیله صفحه‌ای که با قاعده آن زاویه ۳۰° می‌سازد قطع شده است. مساحت آن قسمت از صفحه که داخل مخروط قرار دارد سایه‌ای به مساحت S را بر روی قاعده به وجود می‌آورد. چنان چه مساحت قاعده برابر A باشد و متوسط شدت نور در قاعده I باشد متوسط شدت نور روی صفحه مایل چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**




۱- $\frac{IA}{۲S}$

۲- $\frac{I^۲}{AS}$

۳- $(\frac{\sqrt{۳}}{۲})(\frac{IA}{S})$

۴- $\frac{\sqrt{۳}IA}{S}$

۵- $\frac{IA}{S}$

## ۹-۱ پاسخهای تشریحی

۱- (۱

۲- (۱ فرکانس نور آبی $\upsilon_2 >$ فرکانس نور قرمز $\upsilon_1 \Rightarrow h\upsilon_1 > h\upsilon_2$

بنابراین انرژی هر فوتون آبی بیشتر از انرژی فوتون قرمز است. از طرفی چون توان گسیلی هر دو لامپ برابر است در هر مدت زمان برابر، انرژی گسیلی از دو لامپ برابر است، به عبارتی اگر $n_1$ تعداد فوتونهای قرمز و $n_2$ تعداد فوتونهای آبی باشد $n_1\, h\upsilon_1 = n_2\, h\upsilon_2$.

$$\begin{cases} n_1\upsilon_1 = n_2\upsilon_2 \\ \upsilon_2 > \upsilon_1 \end{cases} \Rightarrow n_2 < n_1$$

۳- (۴ سرعت نور در خلاء ثابت می‌باشد $C \approx 3\times10^{8}\ m/s$ و به هیچ کدام از کمیتهای اشاره شده بستگی ندارد.

۴- (۱

۵- (۲

$$\text{جذب کامل}\quad U_1 = fU \Rightarrow p_1 = \frac{U_1}{C} = \frac{fU}{C}$$

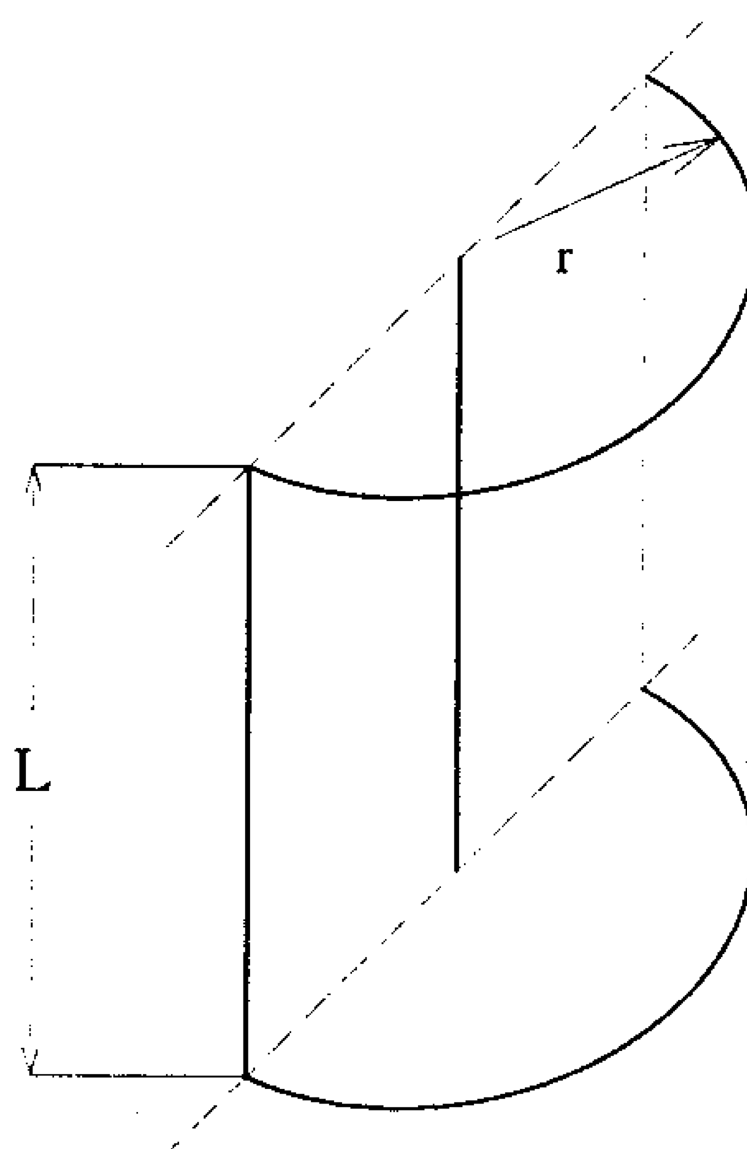
$$\text{بازتاب کامل} = U_2 = (1-f)U \Rightarrow p_2 = \frac{2U_2}{C} = \frac{2(1-f)U}{C}$$

$$\text{تغییر اندازه حرکت کل} = p = p_1 + p_2 = \frac{fU}{C} + \frac{2(1-f)U}{C}$$

$$\text{توان} = \frac{U}{t} = P\ ,\ F = \frac{p}{t} = \frac{f}{C}\left(\frac{U}{t}\right) + 2\frac{(1-f)}{C}\left(\frac{U}{t}\right)$$

$$F = \frac{f}{C}P + \frac{2(1-f)}{C}P = \frac{P}{C}(2-f)$$

البته کاملاً مشخص است دیمانسیون هیچ کدام از گزینه‌های ۱، ۳ و ۴ با دیمانسیون نیرو برابر نیست بنابراین سریعاً گزینه صحیح ۳ قابل تشخیص است.




۶- (۴

$L = 10\ Cm = 0/1\ m$

$r = 25\ Cm = 0/25\ m$

$$\text{مساحت سطح نیم استوانه} = (\pi r)\, L = \pi\,(0/25)\,(0/1)$$

$$I = \frac{\text{توان}}{\text{مساحت}} = \frac{0/25\,(J/s)}{\pi(0/25)(0/1)m^2} = \frac{10}{\pi}\frac{J}{m^2 s} \approx 3/2\frac{J}{m^2 s}$$

۷- ۳)

$$A = \frac{S}{\cos\theta} = \frac{S}{\cos ۳۰^\circ} = \frac{۲S}{\sqrt{۳}}$$

چنان چه متوسط شدت در سطح مایع برابر x باشد داریم :

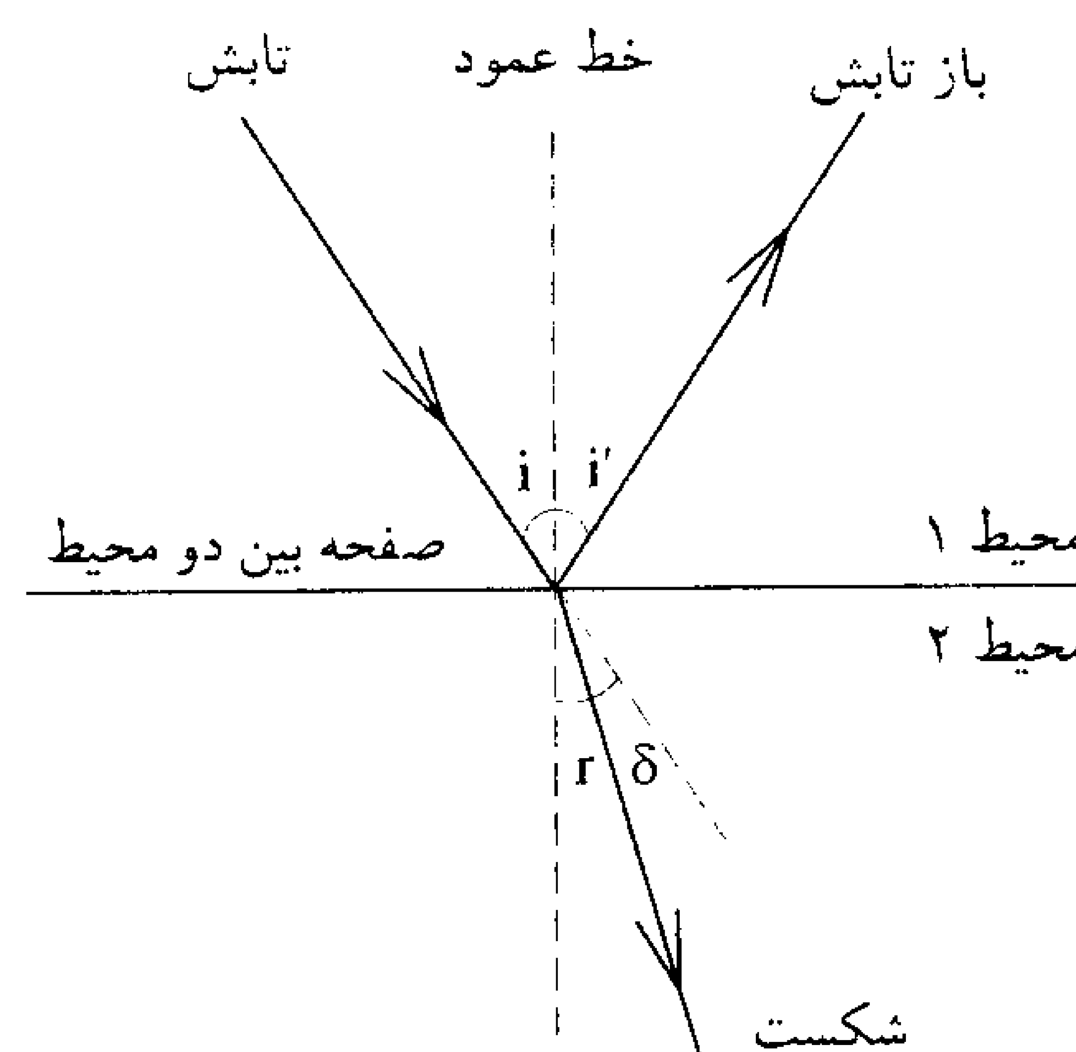
$$(x)(\frac{۲S}{\sqrt{۳}}) = IA \Rightarrow x = (\frac{\sqrt{۳}}{۲})(\frac{IA}{S})$$

# فصل دوم

# بازتابش و شکست ، امواج تخت و سطوح تخت

## ۱- ۲ بازتابش و شکست

باریکه فرودی نور را در نظر می‌گیریم که بر سطح تخته جداکننده دو محیط (مثل هوا و آب) فرود می‌آید. زاویه تابش $i$ ، زاویه باز تابش $i'$ و زاویه شکست $r$ به ترتیب زاویه‌هایی هستند که میان خط عمود بر صفحه جدایی دو محیط و پرتوهای تابش، بازتابش و شکست تشکیل می‌شوند.




**قوانین بازتابش**

الف) پرتو تابش، پرتو بازتابش و خط عمود در یک صفحه‌اند.

ب) زاویه تابش و زوایه بازتابش با یکدیگر برابرند $i = i'$.

**قوانین شکست**

الف) پرتو تابش، پرتو شکست و خط عمود در یک صفحه‌اند.

ب) نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست مقدار ثابتی است.

نکته : اگر چه قوانین بازتابش و قوانین شکست را می‌توان به صورت تجربی بررسی و اثبات کرد، هر دو را می‌توان بر اساس اصل هویگنس و اصل فرما به دست آورد.

## ۲-۲ قانون اسنل

قانون مربوط به شکست را اسنل به صورت تجربی کشف کرد :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}$$

$n_{21}$ مقدار ثابتی است که آن را ضریب شکست محیط ۲ نسبت به محیط ۱ گویند.

## ۳-۲ ضریب شکست

ضریب شکست یک محیط (و یا ضریب شکست آن محیط نسبت به خلأ) عبارت است از سرعت نور در خلأ نسبت به سرعت نور در آن محیط :

$$n = \frac{c}{v}$$

ضریب شکست محیط ۲ به ۱ $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2}$

بنابراین هر چه ضریب شکست یک محیط بیشتر باشد سرعت نور در آن محیط کمتر است. به عنوان مثال سرعت نور در هوا بیشتر از سرعت نور در آب است بنابراین اگر $n_1$ ضریب شکست محیط ۱ که در آن نور تحت زاویه i به سطح جداگانه محیط ۱ با محیط ۲ می‌تابد، باشد و $n_2$ ضریب شکست محیط ۲ باشد که نور با زاویه شکست r نسبت به خط عمود وارد آن می‌شود برای قانون اسنل داریم :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ می‌شود $\quad r < i \Leftarrow n_2 > n_1$

نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود $\quad r > i \Leftarrow n_2 < n_1$

$\delta = |i - r|$ میزان انحراف نور در عبور از دو محیط

اما در مورد طول موج و فرکانس نور عبوری از دو محیط :

فرکانس در عبور از محیطی به محیط دیگر تغییر نمی‌کند اما طول موج تغییر می‌کند. اگر $\lambda$ طول موج نور در خلاء باشد و $\lambda_n$ طول موج نور در محیطی با ضریب شکست n ، داریم :

$$\begin{cases}\lambda_n \nu = v = \dfrac{c}{n} \\ \lambda_\circ \nu = c\end{cases}$$

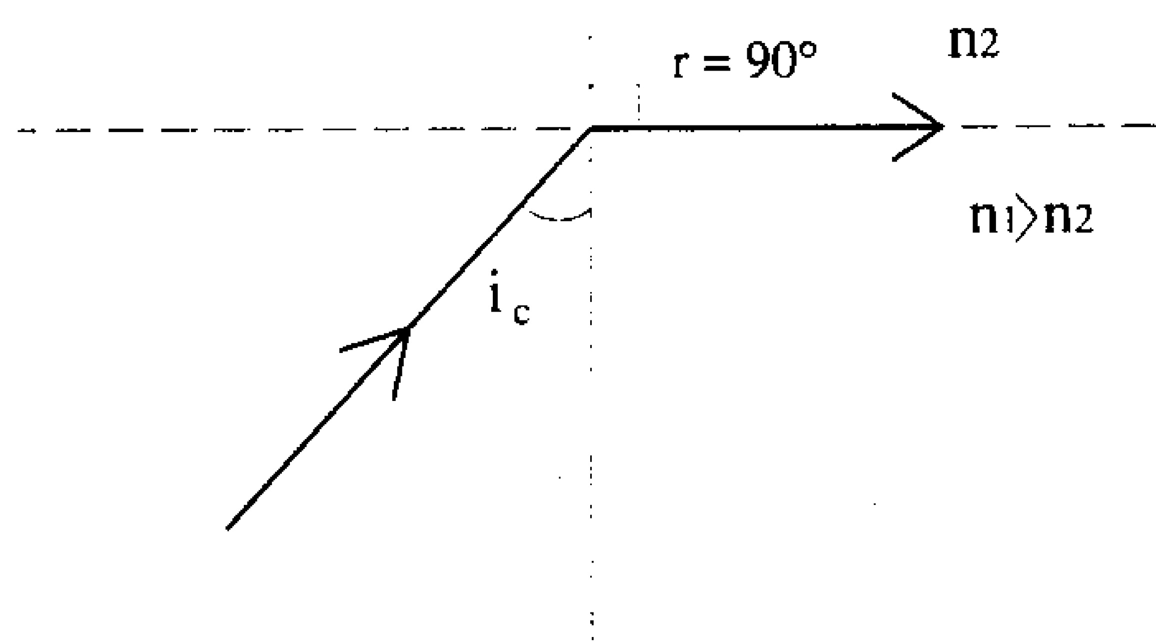
$$\Rightarrow \frac{\lambda_n}{\lambda_\circ} = \frac{1}{n} \Rightarrow \lambda_n = \frac{\lambda_\circ}{n} \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

بنابراین هنگامی که یک پرتو رنگی از محیطی وارد محیط دیگر می‌شود فرکانس آن تغییر نمی‌کند (در نتیجه رنگ و انرژی فوتونها تغییر نمی‌کند) اما سرعت و طول موج آن تغییر می‌کند.

## ۴-۲ زاویه حد و بازتابش داخلی

هنگامی که نور از محیط غلیظ به محیط رقیق بتابد $(n_1 > n_2)$ ، زاویه‌ای که در آن نور خارج شده ، مماس بر سطح دو محیط خارج می‌شود $(r = 90^\circ)$ زاویه حد نامیده می‌شود $(i_c)$.

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90 \Rightarrow i_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

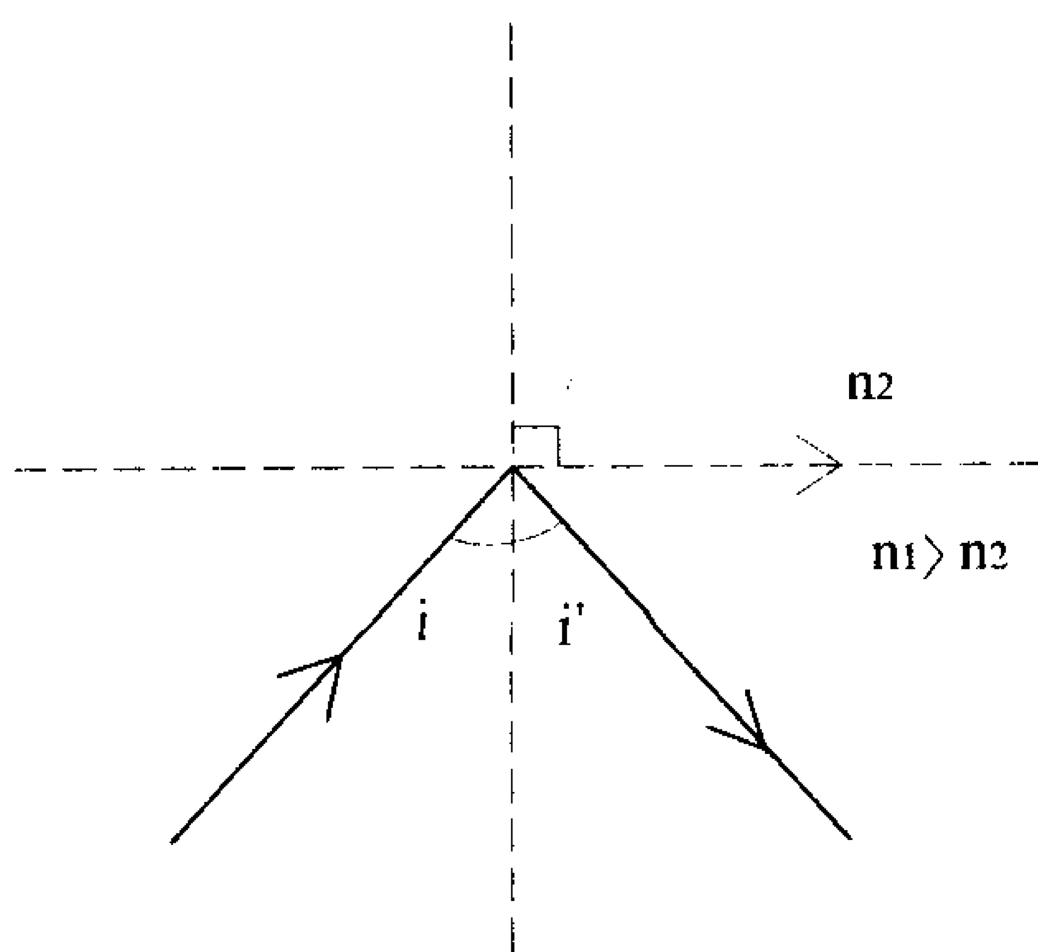



معمولاً محیط ۲ هوا است بنابراین زاویه حد برای محیط ۱ نسبت به هوا عبارت است از :

$$i_c = \sin^{-1} \frac{1}{n_1}$$

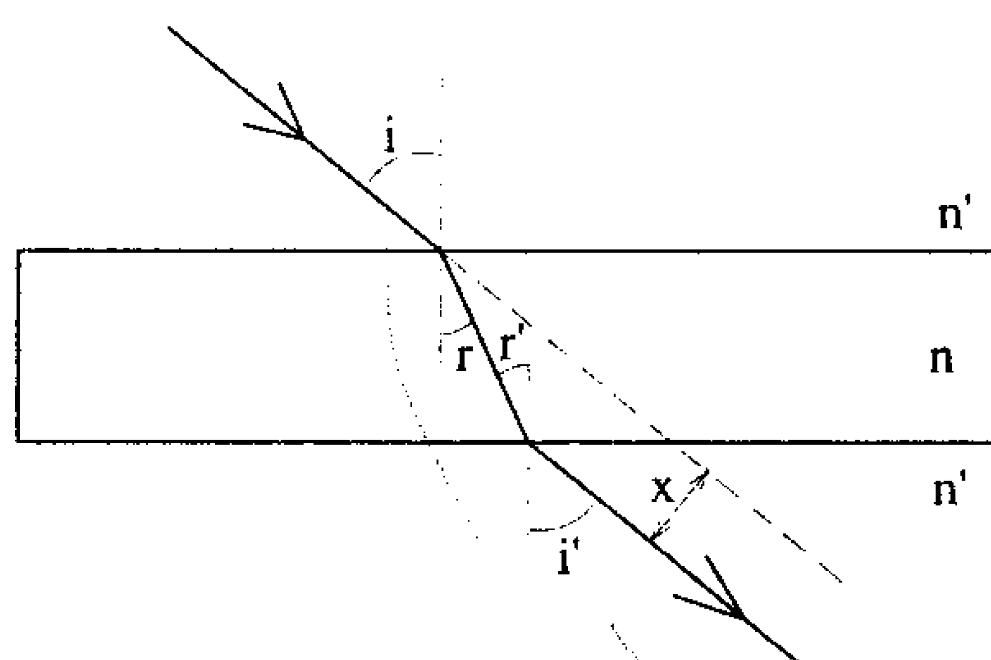
اگر زاویه تابش هنگامی که نور از محیط غلیظ به رقیق می‌تابد بزرگتر از زاویه حد باشد سطح بین دو محیط مانند آینه عمل کرده و نور تحت همان زاویه به محیط غلیظ بازتاب پیدا می‌کند.

$i > i_c$ و $i = i'$



## ۵- ۲ تیغه متوازی‌السطوح

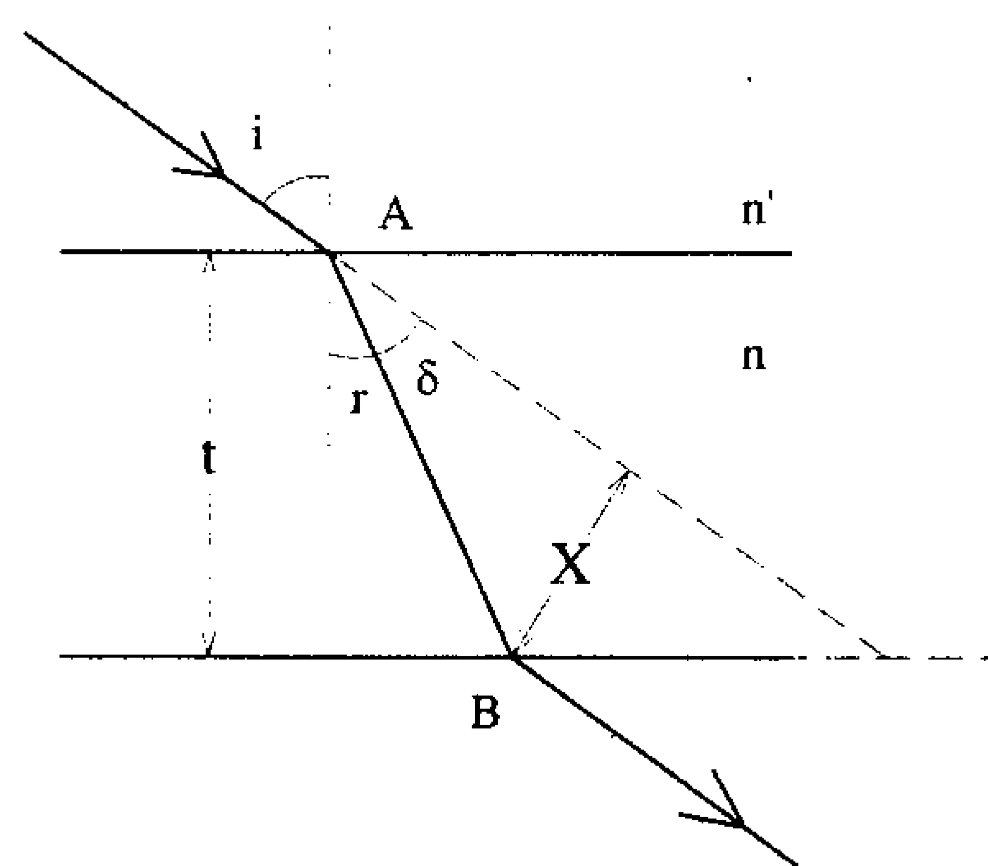
با استفاده از قانون اسنل می‌توان مسیر نور را در عبور از محیطهای مختلف به دست آورد مثالهایی از این مورد بررسی مسیر نور در عبور از تیغه‌های متوازی‌السطوح و یا منشور می‌باشد. در زیر مسیر نور را در عبور از یک تیغه متوازی‌السطوح به ضخامت t بررسی می‌کنیم.




ابتدا حالتی را در نظر می‌گیریم که تیغه متوازی‌السطوح در محیطی با ضریب شکست $n'$ قرار دارد (شکل بر این اساس رسم شده که $n > n'$ و در نتیجه $r < i$ است).

$$\begin{cases} n' \sin i = n \sin r \\ n \sin r' = n' \sin i' \\ r = r' \end{cases} \quad \Rightarrow i = i'$$

بنابراین نور خروجی موازی با نور فرودی است و تنها به اندازه x جا به جا شده است.




$$\begin{cases} (AB)\cos r = t \quad و \quad x = (AB)\sin\delta \\ \Rightarrow x = \dfrac{t}{\cos r}\sin\delta = \dfrac{t\sin(i-r)}{\cos r} \end{cases}$$

برای زوایای کوچک جا به جایی به صورت زیر خواهد بود :

$$\begin{cases} \cos r \approx ۱,\ \sin(i-r) \approx i - r = i - \dfrac{n'}{n} i \\ n' \sin i = n \sin r \Rightarrow n'i = nr \Rightarrow r = \dfrac{n'}{n} i \end{cases}$$

$$\Rightarrow x = \frac{t(i-r)}{۱} = ti(۱ - \frac{n'}{n})$$

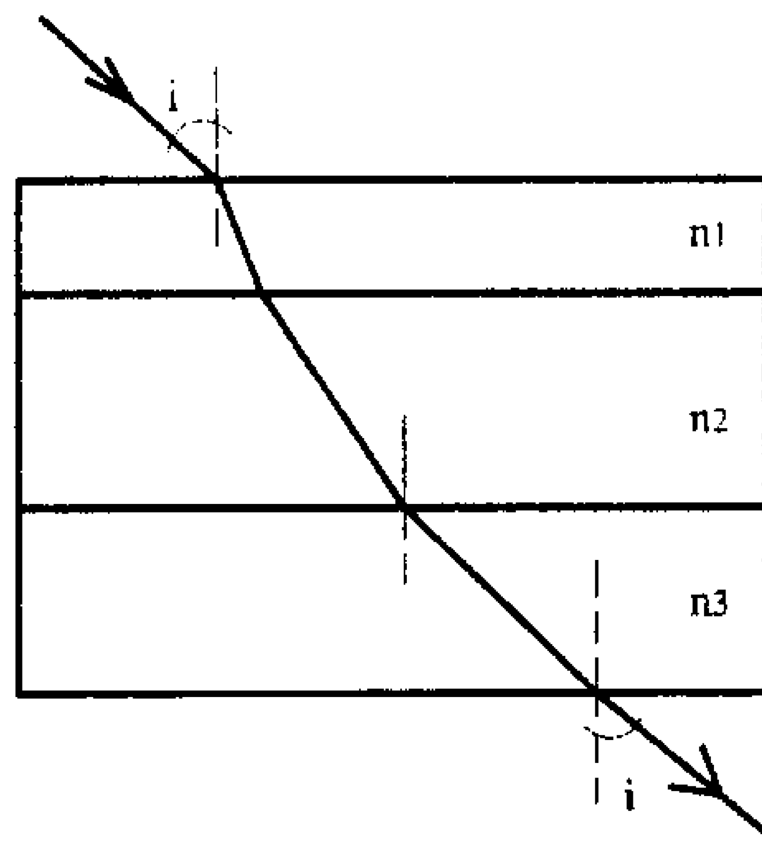
ضریب تدریز

معمولاً تیغه‌های متوازی السطوح را در هوا بررسی می‌کنیم $n' = ۱$

$$\Rightarrow x = ti(۱ - \frac{۱}{n}) = ti\frac{n-۱}{n}$$

اگر تیغه از چند لایه با ضریب شکست‌های مختلف تشکیل شده باشد. اگر ضریب شکست دو طرف تیغه برابر باشد باز زاویه ورودی و خروجی با هم برابر و پرتو ورودی با خروجی موازی است.

شکل بر اساس $n_3 < n_2 < n_1$ رسم شده است.



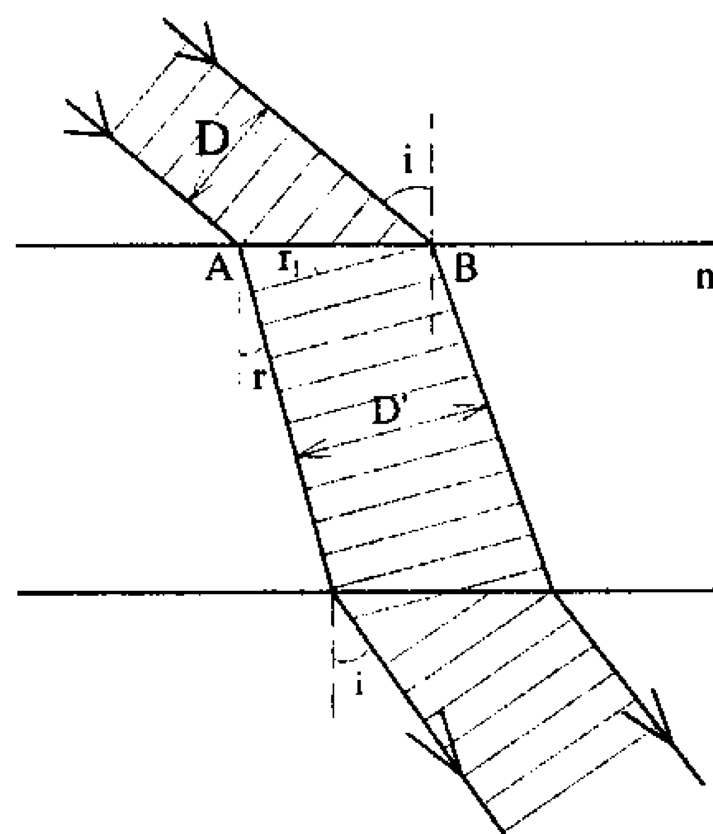

**نکته**

الف) اگر ضریب شکست تیغه از دو ضریب شکست دو طرف کمتر باشد $(n < n')$ مانند یک لایه هوا میان دو تیغه شیشه، باز پرتو خروجی با ورودی مـوازی است ولی در محاسبـه x به جای $i - r$ داریم $r - i$.

ب) اگر ضریب شکست دو طرف تیغه برابر نباشد نور خروجی با نور ورودی موازی نیست.

**عرض پرتو**

اگر به جای یک باریکه نور یک پرتو به عرض قابل ملاحظه به تیغه بتابانیم می‌توان تغییر عرض پرتو را در درون تیغه مشاهده کرد D عرض پرتو در بیرون از تیغه (در هوا و $n' = 1$) و $D'$ عرض پرتو در تیغه است.

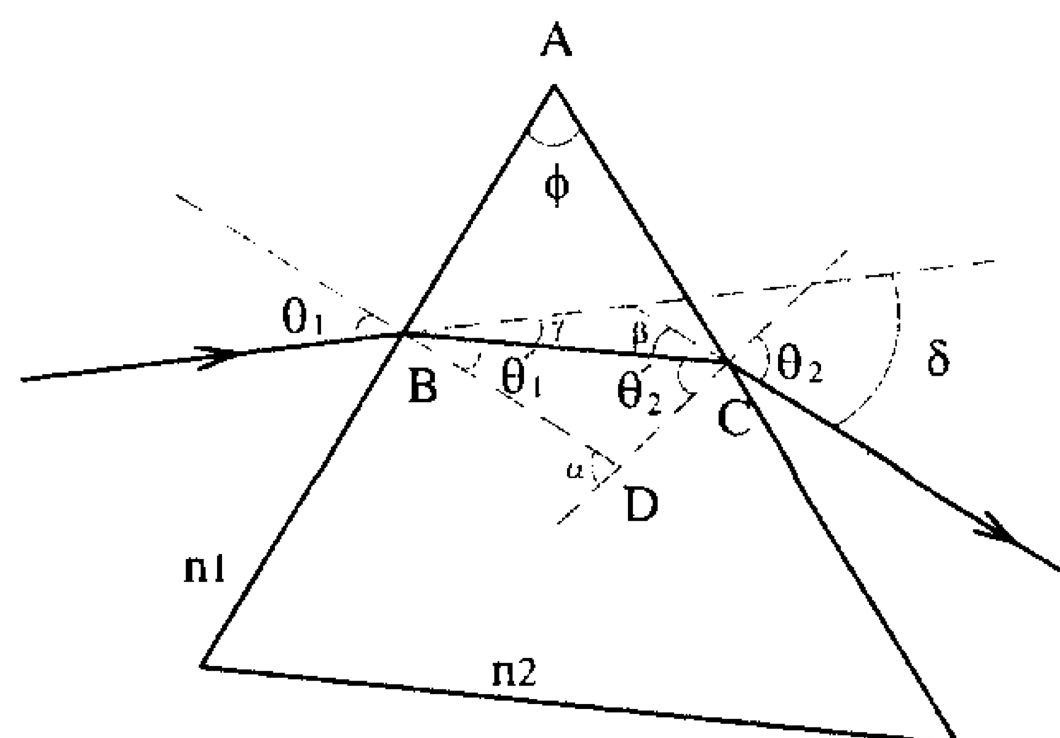



$$\begin{cases}(AB)\cos i = D \\ (AB)\cos r = D'\end{cases} \Rightarrow D' = D\frac{\cos r}{\cos i}$$

تغییر عرض

## ۶-۲ منشور

نور تحت زاویه $\theta_1$ نسبت به خط عمود به منشور می‌تابد. مسیر نور را بررسی می‌کنیم. $\phi$ زاویه رأس منشور است. منشور دارای ضریب شکست $n_2$ و ضریب شکست محیط اطراف $n_1$ است.



شکست در وجه اول $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta'_1$

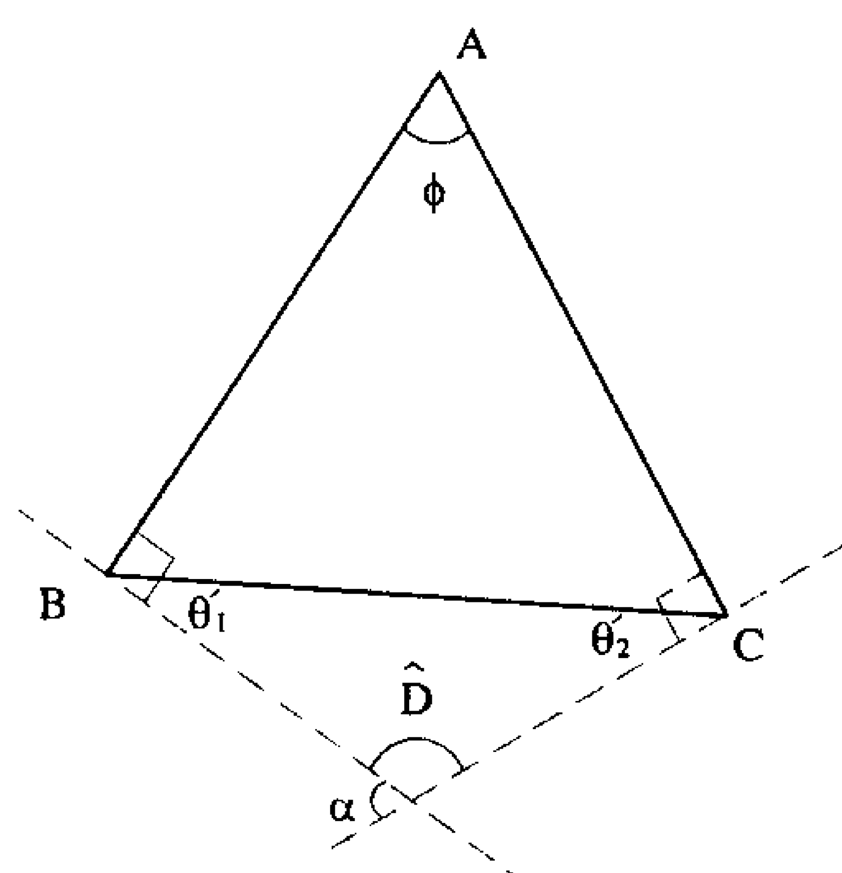
شکست در وجه دوم $n_2 \sin\theta'_2 = n_2 \sin\theta_2$

$\beta = \theta_2 - \theta'_2$ میزان انحراف دوم و $\gamma = \theta_1 - \theta'_1$ میزان انحراف اول

$\delta = \gamma + \beta = \delta = (\theta_1 + \theta_2) - (\theta'_1 + \theta'_2)$ انحراف کل

اگر چهار ضلعی ABCD را در نظر بگیریم $\hat{B} = \hat{C} = 90^\circ$ و چون $\hat{\phi} + \hat{B} + \hat{C} + \hat{D} = 360^\circ$

بنابراین $\phi + \hat{D} = 180^\circ$ بنابراین :




$$\begin{cases} \hat{\phi} = 180^\circ - \hat{D} = \hat{\alpha} \\ \hat{\theta}'_1 + \hat{\theta}'_2 = \hat{\alpha} \end{cases} \Rightarrow \hat{\phi} = \hat{\theta}'_1 + \hat{\theta}'_2$$

بنابراین $\delta = (\theta_1 + \theta_2) - \phi$

**نکته**

الف) معمولاً منشور را در هوا بررسی می‌کنیم و $n_1 = 1$ و $n_2 = n$ .

ب) اگر منشور نازک ($\phi$ کوچک) باشد و فرود نور تقریباً عمودی باشد ($\theta_1$ کوچک) زاویه انحراف بستگی به زاویه فرود ندارد و مساوی با $\phi\,(n - 1)$ است :

$$n_1 = 1 \;\; و \;\; n_2 = n \qquad \Rightarrow 1 \times \sin\theta_1 = n \sin\theta'_1 \Rightarrow \theta_1 = n\,\theta'_1$$

به همین ترتیب $\theta_2 = n\,\theta'_2$ بنابراین :

$$\delta = (\theta_1 + \theta_2) - (\theta'_1 + \theta'_2) = n\,(\theta'_1 + \theta'_2) - (\theta'_1 + \theta'_2) = (n - 1)\,(\theta'_1 + \theta'_2) = (n - 1)\,\phi$$

هر چه ضریب شکست منشور برای طول موج خاصی بیشتر باشد انحراف نور با طول موج مربوطه بیشتر است.

ج) منشور در حالت مینیمم انحراف

اگر زاویه تابش را تغییر دهیم، زاویه انحراف کل $\delta$ تغییر می‌کند. در حالتی که $\delta$ به حداقل خود می‌رسد منشور در مینیمم انحراف است. در این حالت :

$$\begin{cases} \theta_1 = \theta_2 \\ \theta'_1 = \theta'_2 \end{cases} \quad \phi = \theta'_1 + \theta'_2 \Rightarrow \theta'_1 = \theta'_2 = \frac{\phi}{2}$$

$$\delta = (\theta_1 + \theta_2) - \phi = 2\theta_1 - \phi \Rightarrow \theta_1 = \frac{\delta + \phi}{2}$$

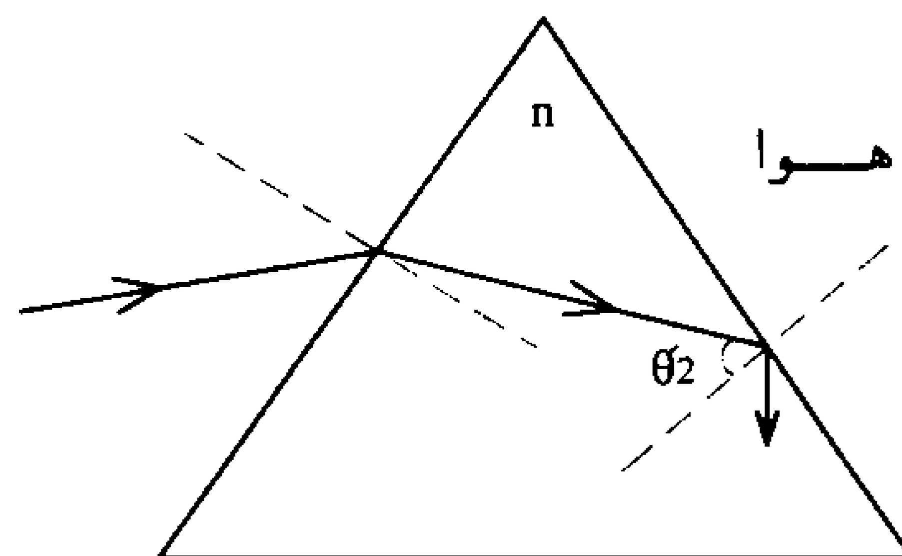
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta'_1 \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta'_1} = \frac{\sin\frac{\delta_{min} + \phi}{2}}{\sin\frac{\phi}{2}}$$

بنابراین برای منشوری با ضریب شکست n که در هوا قرار دارد :

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{min} + \phi}{۲}}{\sin \frac{\phi}{۲}}$$

د) توجه به زاویه حد

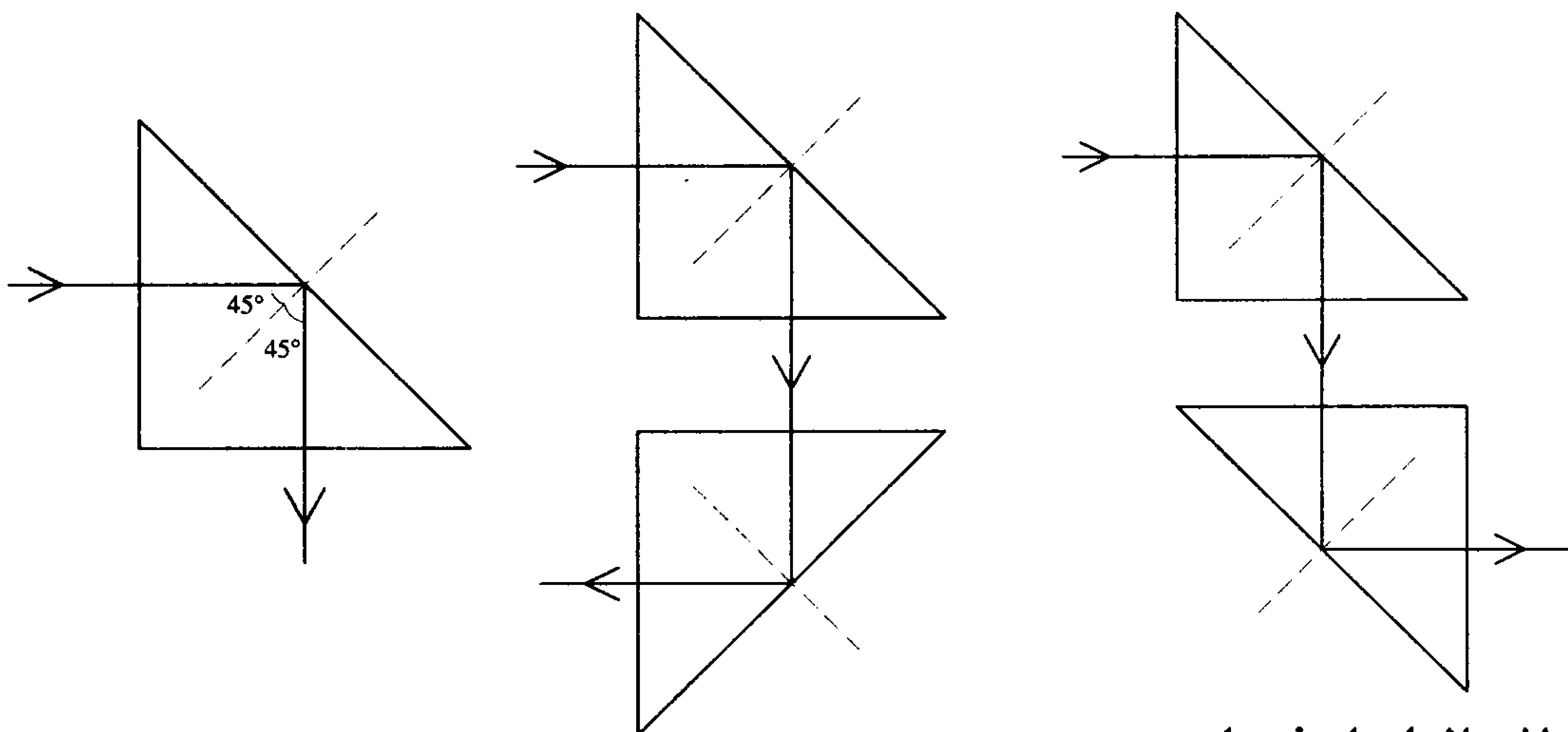
در بررسی مسیر نور در یک منشور باید توجه داشت که زاویه حد منشور با توجه به محیط بیرونی چیست. به عنوان مثال اگر ضریب شکست منشور $n_۲ = n$ و منشور در هوا باشد $n_۱ = ۱$ ، زاویه حد $i_c = \sin^{-1}\frac{۱}{n}$ است. اگر زاویه تابش به وجه دوم از زاویه حد بیشتر باشد نور به سمت وجه دیگر منشور بازتاب داخلی پیدا می‌کند.




$$\theta'_۲ > i_c = \sin^{-1}\frac{۱}{n}$$

از بازتابش کلی در منشورها می‌توان برای انحراف نور تحت زوایای °۹۰ یا °۱۸۰ و یا جا به جایی مسیر نور استفاده کرد. برای این کار از منشورهای قائم‌الزاویه از جنس شیشه استفاده می‌کنیم :

$$n = ۱/۵۲ \quad \Rightarrow i_c = \sin^{-1}\frac{۱}{n} \approx ۴۲^{\circ}$$

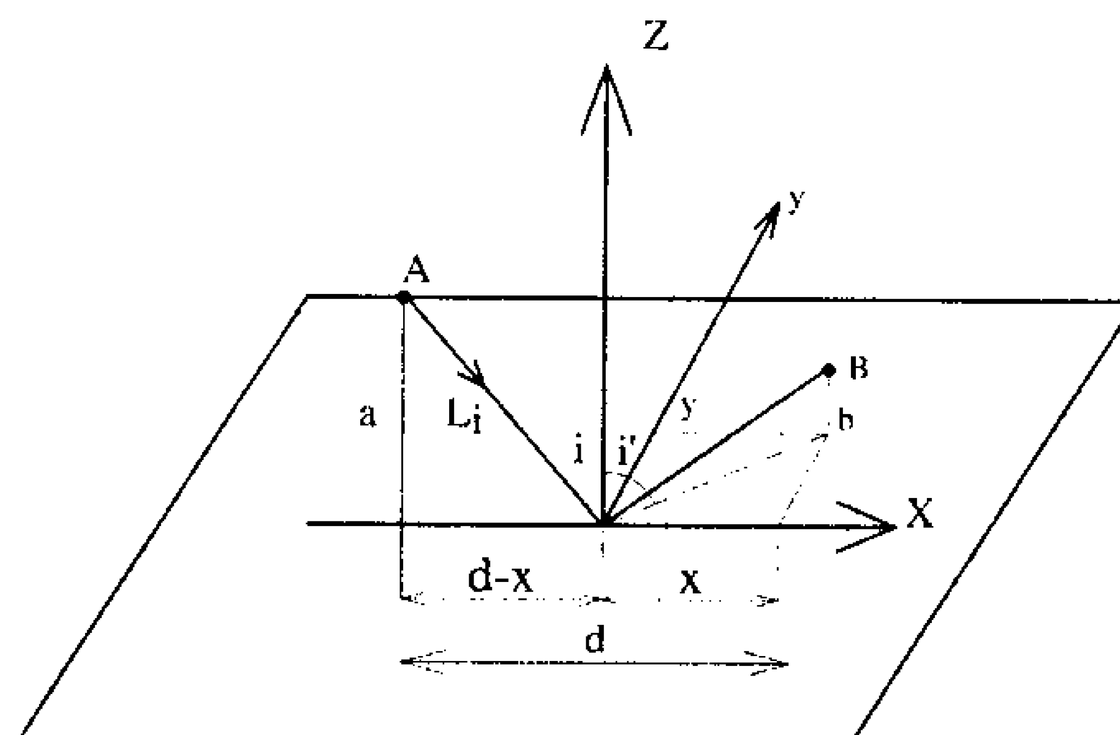



## ۷- ۲ اصل فرما

پرتو نور در عبور از یک نقطه به نقطه دیگر چنان مسیری را دنبال می‌کند که زمان لازم برای طی آن، در مقایسه با مسیرهای مجاور، یا مینیمم باشد یا ماکزیمم و یا تغییر نکند.

به عنوان مثال فرض می‌کنیم نور آمده از A در صفحه zx به آینه‌ای که در صفحه yx قرار دارد برخورد کند و به نقطه B برود

$$t = \frac{l_1}{c} + \frac{l_2}{c} = \frac{l_1 + l_2}{c}$$



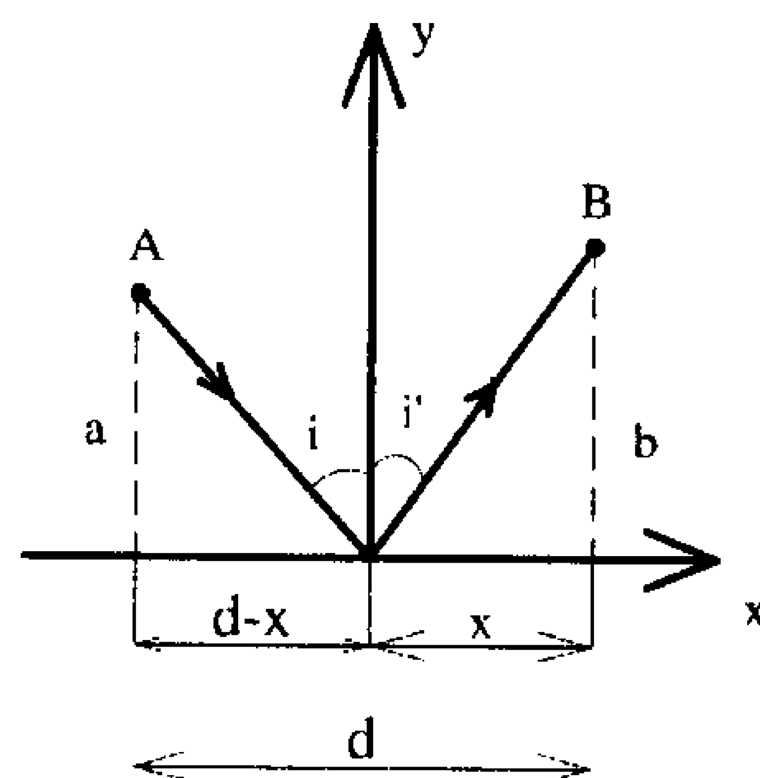

همان گونه که از اصل فرما داریم :

$$\frac{dt}{dx} = 0 \ , \ \frac{dt}{dy} = 0$$

$$l_1 + l_2 = \sqrt{a^2 + (d-x)^2} + \sqrt{b^2 + x^2 + y^2}$$

$$\frac{dt}{dy} = 0 \Rightarrow \frac{d(l_1 + l_2)}{dy} = 0 \Rightarrow 0 + \frac{2y}{2\sqrt{b^2 + x^2 + y^2}} = 0 \Rightarrow y = 0$$

بنابراین پرتو نور آمده در صفحه zx در صفحه zx نیز بازتاب پیدا می‌کند و به عبارتی پرتو تابش، بازتابش و خط عمود در یک صفحه‌اند.




$$\frac{dt}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{d(l_1 + l_2)}{dx} = \frac{-2(d-x)}{2\sqrt{a^2 + (d-x)^2}} + \frac{2x}{2\sqrt{b^2 + x^2}} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d-x}{\sqrt{a^2 + (d-x)^2}} = \frac{x}{\sqrt{b^2 + x^2}} \Rightarrow \sin i = \sin i' \Rightarrow i = i'$$

(البته چون $i' < 90$ است از برابری سینوسها، برابری زاویه‌ها را نتیجه گرفتیم).

## ۸- ۲ راه نوری

اگر نور مسافت d را در محیطی با ضریب شکست n و در مدت زمان t طی کند، راه نوری عبارت است از مسافتی که نور در همان مدت زمان t در خلاء طی می‌کند. اگر u سرعت نور در محیط با ضریب شکست n باشد، برای راه نوری داریم :

$$L = ct = c\left(\frac{d}{u}\right) = \left(\frac{c}{u}\right)d = nd$$

به عنوان مثال، اگر دو پرتو نور (با طول موج یکسان در خلاء) پس از آنکه یکی از امواج مسافت $d_1$ را در محیطی با ضریب شکست $n_1$ و موج دیگر مسافت $d_2$ را در محیطی با ضریب شکست $n_2$ تلاقی کنند داریم :

$$\text{اختلاف فاز} = \frac{2\pi}{\lambda_1}d_1 - \frac{2\pi}{\lambda_2}d_2 = \frac{2\pi}{(\frac{\lambda}{n_1})}d_1 - \frac{2\pi}{(\frac{\lambda}{n_2})}d_2$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda}(n_1 d_1 - n_2 d_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(l_1 - l_2)$$

که $\lambda$ طول موج دو موج در خلأ است.

## ۹- ۲ پرسشهای چندگزینه‌ای

**۱- ضریب شکست یک محیط شفاف نسبت به هوا برای نور با طول موج مشخص مساوی است با نسبت :** **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)**

۱- سرعت انتشار نور برای آن طول موج در محیط شفاف به سرعت انتشار آن در هوا

۲- طول موج نور در هوا به طول موج آن در محیط شفاف

۳- فرکانس نور در هوا به فرکانس آن در محیط شفاف

۴- فرکانس نور در محیط شفاف به فرکانس آن در هوا

**۲- کدام یک از گزاره‌های زیر صحیح است ؟** **(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۱)**

۱- سرعت نور در هوا بیشتر از سرعت نور در آب است.

۲- سرعت نور در هوا کمتر از سرعت نور در آب است.

۳- سرعت نور طبق نسبیت خاص در همه محیطها یکی است.

۴- سرعت نور طبق مکانیک نیوتونی در همه محیطها یکی است.

**۳- ضریب شکست یک ماده شفاف برابر ۱/۶ است. اگر سرعت نور در هوا $۳\times۱۰^{۵} \frac{km}{s}$ باشد، سرعت نور در این ماده شفاف چقدر است ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۱)**

۱- $۲۸۷۵۰ \frac{km}{s}$ ۲- $۱۸۷۵۰ \frac{km}{s}$

۳- $۳۸۷۵۰ \frac{km}{s}$ ۴- $۲۰۵۰۰ \frac{km}{s}$

**۴- سرعت نور در هوا و در شیشه به ترتیب $۱۰^{۸} \times ۳$ و $۱۰^{۸} \times ۲$ متر بر ثانیه است. اگر طول موج نور مرئی در هوا از ۳۹۰۰ تا ۶۹۰۰ آنگستروم باشد، طول موج نور مرئی در شیشه .......... آنگستروم است .** **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)**

۱- ۲۵۰۰ تا ۴۵۰۰ ۲- ۲۶۰۰ تا ۴۶۰۰

۳- ۵۰۷۰ تا ۸۹۷۰ ۴- ۵۰۰۰ تا ۹۰۰۰

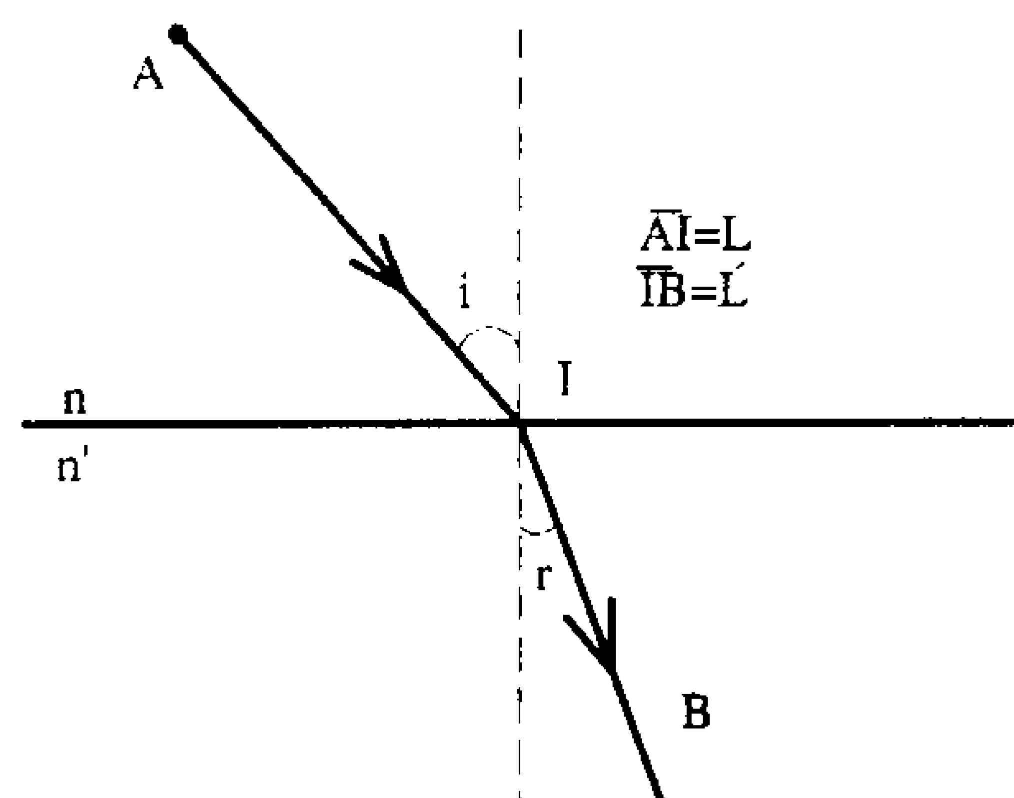
**۵- نور یک لامپ سدیم ($\lambda_{\circ} = 589\ nm$) در مدت زمان $t_1$ از یک مخزن گلیسیرین (با ضریب شکست ۱/۵) به طول ۲۰ m عبور می‌کند. اگر همان مخزن را با دی‌سولفید کربن (با ضریب شکست ۱/۶) پر کنیم و نور در مدت $t_2$ از آن بگذرد اختلاف $t_2 - t_1$ را به دست آورید.** **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)**

۱- $\frac{۲}{۳} \times ۱۰^{-۸}$ ۲- $\frac{۲}{۳} \times ۱۰^{+۸}$ ۳- $۳ \times ۱۰^{-۶}$ ۴- $\frac{۲}{۳} \times ۱۰^{-۶}$

۶- اگر پرتو تک رنگی از هوا وارد آب شود، طول موج و انرژی فوتون وابسته به آن به ترتیب چگونه تغییر می‌کند ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)**

۱- هر دو افزایش می‌یابد.
۲- افزایش می‌یابد ـ تغییر نمی‌کند.
۳- کاهش می‌یابد ـ تغییر نمی‌کند.
۴- هر دو کاهش می‌یابد.

۷- نور از نقطه A در محیطی به ضریب شکست n به نقطه B در محیط دیگر به ضریب شکست n′ می‌رسد. اگر سرعت نور در محیط اول v باشد زمان لازم برای رسیدن نور از A به B چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

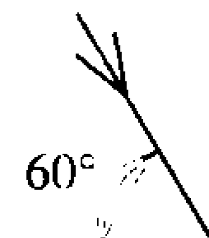



۱- $\frac{1}{v}(l' + \frac{n}{n'}l)$
۲- $\frac{1}{v}(l + \frac{n'}{n}l')$
۳- $\frac{v}{n+n'}(l + l')$
۴- $\frac{1}{v}(l + \frac{n}{n'}l')$

۸- پرتویی در هوا با زاویه °۳۰ (نسبت به قائم) به سطح صاف یک قطعه کوارتز می‌تابد. این باریکه شامل دو طول موج ۴۰۰ و ۵۰۰ نانومتر است ضریب شکست کوارتز نسبت به هوا برای این طول موجها به ترتیب ۱/۴۷۰۲ و ۱/۴۶۲۴ می‌باشد. زاویه میان دو باریکه شکست چند درجه است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)**

۱- °۱۹/۸۸
۲- °۱۹/۹۹
۳- °۳۹/۸۷
۴- °۰/۱۱

۹- در شکل مقابل زاویه شعاع شکست با خط عمود در خروج از سومین تیغه چند درجه است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)**




$n_1=\sqrt{2}$
$n_2=1.5$
$n_3=\sqrt{3}$

۱- ۳۰
۲- ۴۵
۳- ۶۰
۴- ۱۵

۱۰- سه تیغه متوازی‌السطوح چسبیده به هم به ترتیب به ضرایب شکست ۱/۵، ۱/۶ و $\sqrt{3}$ در هوا قرار دارند. اگر یک شعاع نور از هوا تحت زاویه °۶۰ به تیغه اول به ضریب شکست ۱/۵ بتابد، تحت زاویه .......... وارد تیغه سوم به ضریب شکست $\sqrt{3}$ خواهد شد.
**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۸)**

۱- °۳۰ ۲- °۶۰ ۳- $\mathrm{Arcsin}\frac{1}{\sqrt{3}}$ ۴- $\mathrm{Arcsin}\frac{1}{2\sqrt{3}}$

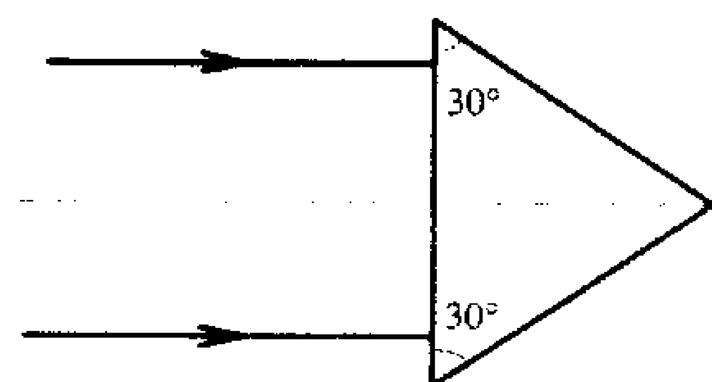
۱۱- بر روی یک تیغه شیشه‌ای به ضریب شکست $\sqrt{3}$ ، لایه‌ای از مایع به ضریب شکست n ریخته‌ایم. یک شعاع نور در محیط شیشه تحت زاویه‌ای بیش از ۶۰ درجه به فصل مشترک شیشه ـ مایع می‌تابد اما نور وارد محیط مایع نمی‌شود. حداکثر n مساوی است با:
**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

۱- $\frac{5}{2}$ ۲- $\sqrt{2}$ ۳- $\frac{4}{3}$ ۴- $\frac{3}{2}$

۱۲- یک دسته اشعه موازی نور سفید بر یک منشور می‌تابد و به رنگهای مختلف تجزیه می‌شود. زاویه انحراف نور بنفش از زاویه انحراف نور قرمز بیشتر است زیرا :
**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

۱- زاویه انحراف منشور با طول موج نسبت مستقیم دارد.
۲- ضریب شکست منشور برای نور قرمز کمتر است.
۳- ضریب شکست منشور برای نور قرمز بیشتر است.
۴- زاویه انحراف منشور با ضریب شکست نسبت معکوس دارد.

۱۳- در شکل مقابل ضریب شکست منشور برابر $\sqrt{2}$ است. زاویه بین شعاعهای خروجی A و B از منشور چند درجه است ؟
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**




۱- صفر ۲- ۳۰ ۳- ۶۰ ۴- ۹۰

۱۴- بر روی یک تیغه شیشه‌ای به ضریب شکست $\sqrt{3}$ ، لایه‌ای از یک مایع به ضریب شکست مجهول n ریخته‌ایم. اگر یک شعاع نور در محیط شیشه تخت زاویه‌ای ۳۰ درجه به فصل مشترک شیشه ـ مایع بتابد نور وارد محیط مایع نمی‌شود. حداکثر n چقدر است؟
**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۹)**

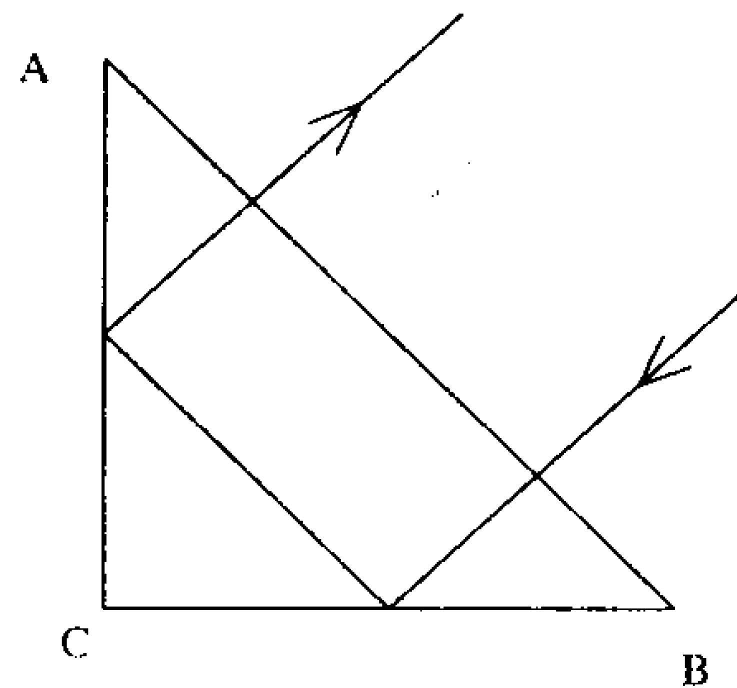
۱- $\frac{4}{3}$ ۲- ۱/۳ ۳- ۱/۵ ۴- ۲

۱۵- بر روی سطح آب به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ ، لایه ضخیمی از یک روغن به ضریب شکست $\frac{۳}{۲}$ ریخته شده است. یک شعاع نور از یک منبع نور واقع در آب به فصل مشترک آب و روغن طوری می‌تابد که هیچ نوری وارد هوا نمی‌شود زاویه شعاع نور با این فصل مشترک مساوی است با : **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)**

۱- $\mathrm{Arcsin}\frac{۸}{۹}$     ۲- $\mathrm{Arcsin}\frac{۲}{۳}$

۳- $\mathrm{Arcsin}\frac{۳}{۴}$     ۴- $\mathrm{Arcsin}\frac{۱}{۳}$

۱۶- به ازای چه مقادیری از ضریب شکست یک منشور قائم‌الزاویه، پرتویی نظیر شکل زیر طی مسیر خواهد کرد. مقطع منشور یک مثلث متساوی‌الساقین است و پرتو به طور عمود بر AB فرود می‌آید ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)**




۱- $n < \sqrt{۲}$

۲- $n > \sqrt{۲}$

۳- $n < \frac{\sqrt{۲}}{۲}$

۴- $n > \frac{\sqrt{۲}}{۲}$

۱۷- یک منبع نور نقطه‌ای شکل به فاصله ۱۰ Cm از سطح مایعی به ضریب شکست $\sqrt{۲}$ در داخل مایع قرار گرفته است. در نتیجه در سطح مایع ........... ۱۰ Cm تشکیل می‌شود.
**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)**

۱- دایره روشنی به قطر ۱۰     ۲- نوار روشنی به شعاع ۱۰

۳- دایره روشنی به شعاع ۱۰     ۴- نوار روشنی به قطر ۱۰

۱۸- اگر ضریب شکست یک منشور نازک با زاویه رأس کوچک برای نورهای قرمز، بنفش و زرد به ترتیب $n_C$ و $n_F$ و $n_D$ و زاویه انحراف منشور برای این سه نور به ترتیب $\delta_C$ و $\delta_F$ و $\delta_D$ باشد، می‌توان نشان داد که : **(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)**

۱- $\frac{\delta_F - \delta_C}{\delta_D} = \frac{n_F - n_C}{n_D - ۱}$     ۲- $\frac{\delta_F - \delta_C}{\delta_D - ۱} = \frac{n_F - n_C}{n_D - ۱}$

۳- $\frac{\delta_D}{\delta_F - \delta_C} = \frac{n_F - n_C}{n_D - ۱}$     ۴- $\frac{\delta_D - ۱}{\delta_F - \delta_C} = \frac{n_F - n_C}{n_D - ۱}$

۱۹- اگر به یک منشور نازک با زاویه راس کوچک $\alpha$ با یک شعاع نور سفید بتابد، می‌توان نشان داد که زاویه جدایی بین دو رنگ قرمز (R) و بنفش (V) از کدام رابطه بدست می‌آید؟ **(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)**

۱- $\delta_V - \delta_R = \frac{n_V - n_R}{n_V + n_R}\alpha$

۲- $\delta_V - \delta_R = \frac{n_V + n_R}{n_V - n_R}\alpha$

۳- $\delta_R - \delta_V = (n_V - n_R)\,\alpha$

۴- $\delta_V - \delta_R = (n_V - n_R)\,\alpha$

۲۰- یک منشور دید مستقیم برای طول مـوج خاصی از دو منشور نازک به زوایای رأس $\alpha_1$ و $\alpha_2$ و به ضرایب شکست $n_1$ و $n_2$ تشکیـل شده است به گونه‌ای که می‌تـوان نشان داد که نسبت $\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$ مساوی است با : **(کنکور کارشناسی ارشد عمران و ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)**

۱- $\frac{n_1 - 1}{n_2 - 1}$

۲- $\frac{n_2 - 1}{n_1 - 1}$

۳- $\frac{n_2 + 1}{n_1 + 1}$

۴- $\frac{n_1 + 1}{n_2 + 1}$

۲۱- اگر نور از چند محیط شفاف به ضرایب شکست ... و $n_3$ و $n_2$ و $n_1$ عبور نموده مسافتهای ... و $L_3$ و $L_2$ و $L_1$ را طی کند راه نوری مربوط $[L] = \sum_{i=1}^{m} n_i L_i$ تعریف می‌شود در صورتی که t زمان لازم برای پیمودن کل مسیر بوده C سرعت نور در خلاء باشد می‌توان نشان داد که: **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)**

۱- $[L] = C\,t$

۲- $[L] = \frac{C}{\sqrt{t}}$

۳- $[L] = \frac{C}{t}$

۴- $[L] = C\sqrt{t}$

۲۲- نوری به طور عمودی بر یکی از وجوه منشوری با ضریب شکست n و زاویه رأس $\alpha$ می‌تابد زاویه انحراف را محاسبه کنید؟

**(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**

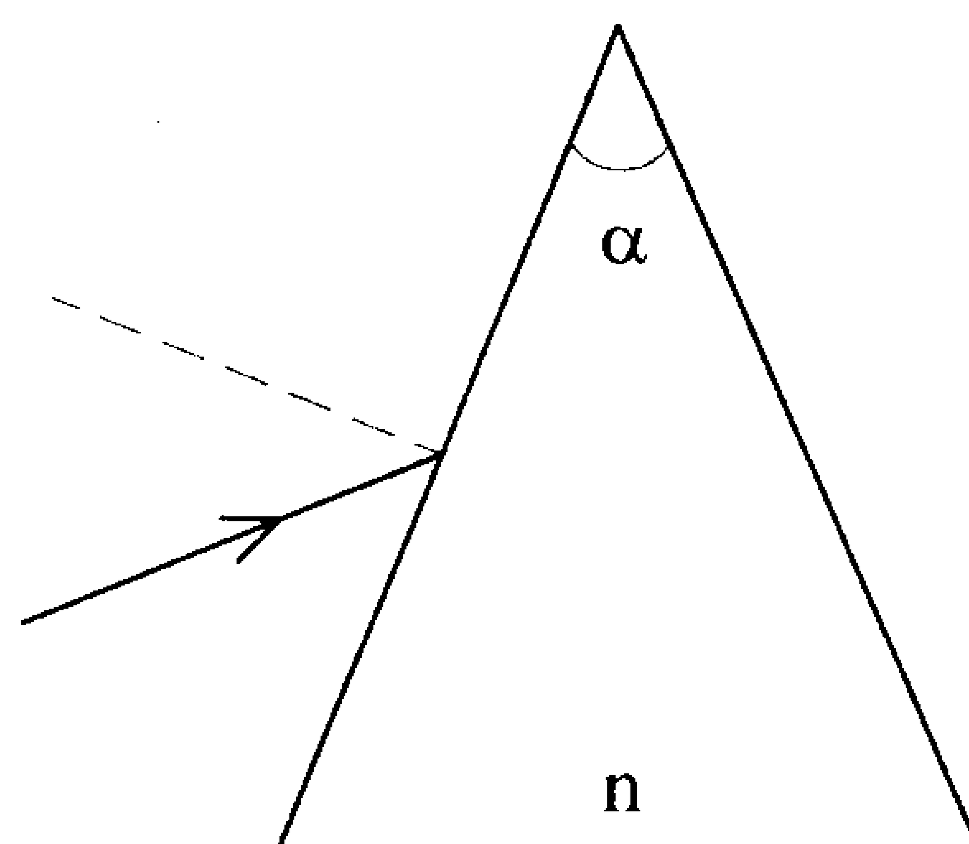
۱- $\alpha$

۲- $(n - 1)\,\alpha$

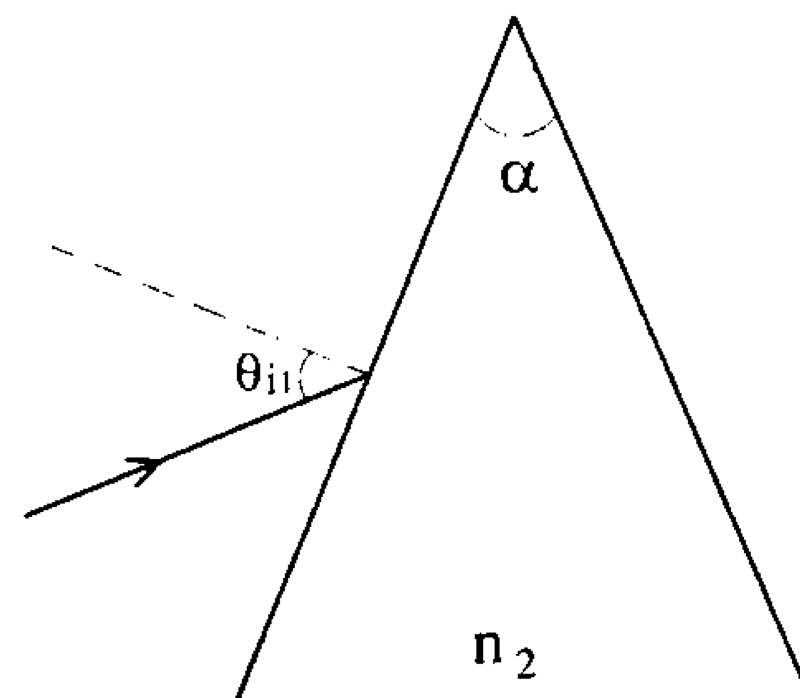
۳- $(n + 1)\,\alpha$

۴- $(n - 0/5)\,\alpha$

۵- $(n + 0/5)\,\alpha$



**۲۳- نوری با زاویه تابشی $\theta_{i1} = 30°$ بر روی منشوری با زاویه رأس $\alpha = 60°$ می‌تابد. منشور از ماده‌ای به ضریب شکست $n_2 = 1/5$ ساخته شده و با خلاء احاطه گردیده است. زاویه انحراف نور به خاطر عبور از منشور را تعیین کنید .** **(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**




۱- ۳۰ درجه

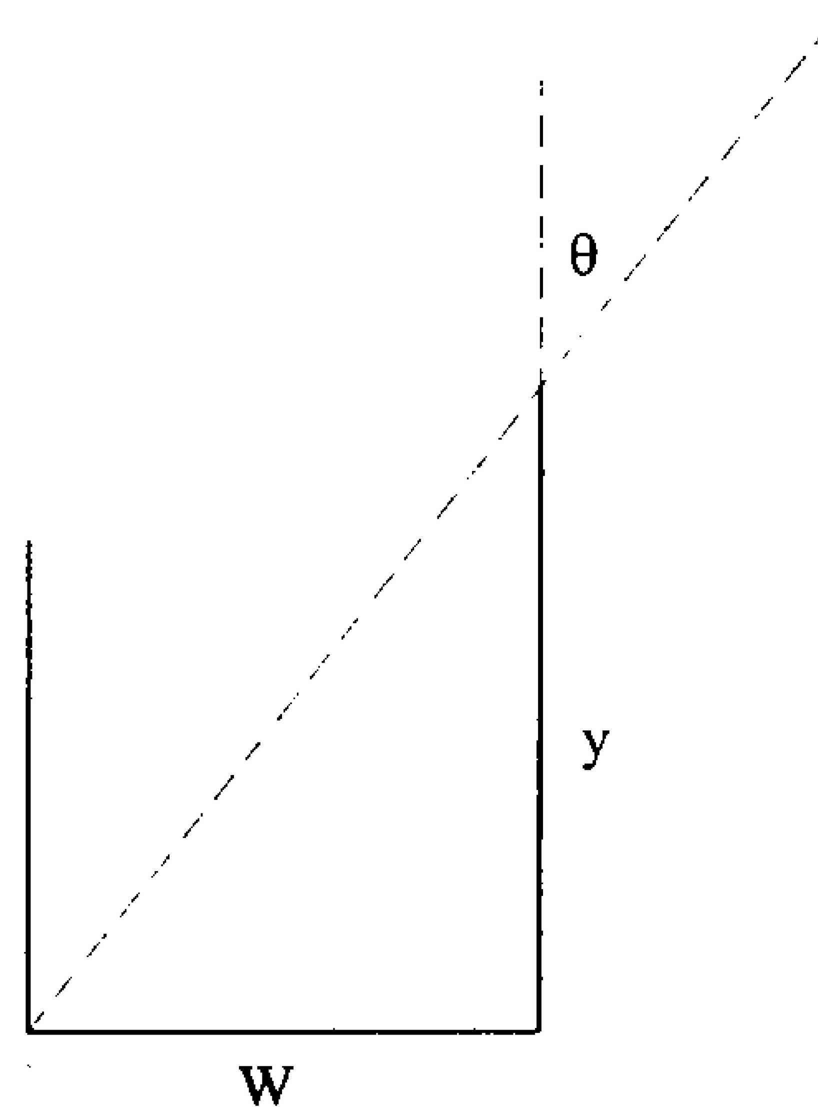
۲- ۶۰ درجه

۳- ۲۳ درجه

۴- ۴۷ درجه

۵- ۷۰ درجه

**۲۴- با نگاه کردن به لیوانی خالی در راستای مسیر پرتو تحت زاویه θ مطابق شکل، گوشه چپ پایین آن را می‌بینیم حال اگر لیوانی با مایعی شفاف با ضریب شکست $n = 1/3$ پر شود وسط ته لیوان را تحت زاویه θ می‌بینیم. پهنای لیوان ۵ سانتی‌متر است ارتفاع y را بیابید .** **(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**




۱- سانتی‌متر ۲/۷۳

۲- سانتی‌متر ۵/۴۶

۳- سانتی‌متر ۱/۳۵

۴- سانتی‌متر ۴/۰۸

۵- سانتی‌متر ۶/۳۳

**۲۵- پایه اصلی فیزیک قانون اسنل چیست ؟** **(کنکور کارشناسی ارشدGRE)**

۱- اولین فرض نسبیت خاص

۲- اصل پائولی

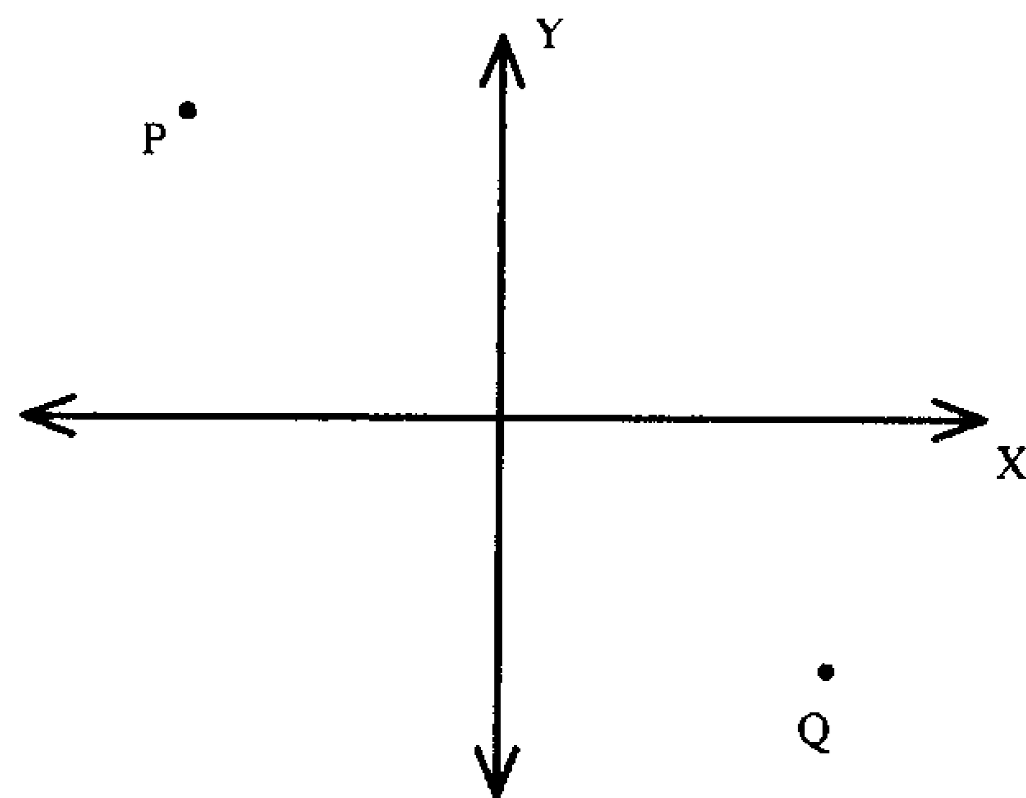
۳- اصل عدم قطعیت

۴- قانون اول نیوتن

۵- اصل کمترین زمان فرما

۲۶- کمیت انتگرالی که باید کمینه شود تا نمایانگر مسیر حرکت نور از نقطه p به Q در محیطی با ضریب شکست n (x, y) باشد کدام می‌باشد ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**




۱- $\int_P^Q n(x,y)dx$

۲- $\frac{1}{C}\int_P^Q \sqrt{1+y'^2}\, n(x,y)dx$

۳- $\frac{1}{C}\int_P^Q \sqrt{1+y^2}\, n(x,y)dx$

۴- $\frac{1}{C}\int_P^Q n(x,y)dx$

۵- $\frac{1}{C}\int_P^Q \sqrt{x^2+y^2}\, n(x,y)dx$

## ۱۰- ۲ پاسخهای تشریحی

**۱- ۲)** اگر C سرعت نور در هوا و $\lambda_\circ$ طول موج نور در هوا باشد و V سرعت نور و $\lambda$ طول موج نور در محیط شفاف با ضریب شکست n باشد طبق تعریف داریم : $n=\frac{C}{V}=\frac{\lambda_\circ}{\lambda}$

**۲- ۱)** بر اساس نسبیت سرعت نور در خلاء ثابت و برابر C است اما چه بر اساس نسبیت و چه بر اساس مکانیک نیوتونی سرعت نور در محیط‌های متفاوت، مختلف است.

$V=\frac{C}{n}$ سرعت نور در محیطی با ضریب شکست n

**۳- *)** $V=\frac{C}{n}=\frac{3\times10^{5}\ \frac{km}{s}}{1/6}=187500\ \frac{km}{s}$ و $n=1/6$

پاسخ صحیح در میان گزینه‌ها نیست، احتمالاً منظور گزینه ۲ بوده است که یک صفر کم دارد.

**۴- ۲)** $n=\frac{C}{V}=\frac{3\times10^{8}}{2\times10^{8}}=1/5$ ضریب شکست شیشه

$\lambda_n=\frac{\lambda_\circ}{n}$ طول موج در شیشه و $\lambda_\circ$ طول موج نور در هوا

$$3900\,A^\circ<\lambda_\circ<6900\,A^\circ\Rightarrow\frac{3900}{n}A^\circ<\frac{\lambda_\circ}{n}<\frac{6900}{n}A^\circ$$

$$\Rightarrow\frac{3900}{1/5}A^\circ<\lambda_n<\frac{6900}{1/5}A^\circ\Rightarrow2600\ A^\circ<\lambda_n<4600\ A^\circ$$

**۵- ۱)** $\lambda_\circ\ \nu=C\Rightarrow$ فرکانس $\nu=\frac{C}{\lambda_\circ}$

نور مسافت ۲۰ متر را در گلیسیرین با $n_1=1/5$ در مدت $t_1$ طی می‌کند.

$\lambda_1\ \nu=v_1\Rightarrow\lambda_1\ \nu\ t_1=v_1t_1=20$ متر

$$\lambda_1=\frac{\lambda_\circ}{n_1}=\frac{\lambda_\circ}{1/5}\Rightarrow\frac{\lambda_\circ\nu t_1}{1/5}=20$$

نور مسافت ۲۰ متر را در دی سولفید کربن با $n_2=1/6$ در مدت $t_2$ طی می‌کند.

$$\frac{\lambda_\circ\nu t_2}{1/6}=20$$

$$\Rightarrow t_2-t_1=\frac{20(1/6)-20(1/5)}{\lambda_\circ\nu}=\frac{20(1/6)-20(1/5)}{c}$$

$$=\frac{20\times(0/1)}{3\times10^{+8}}=\frac{2}{3}\times10^{-8}s$$

**۶- ۳)** v ثابت است پس h v ثابت است اما $\lambda = \frac{\lambda_\circ}{n}$ ، بنابراین λ از $\lambda_\circ$ یعنی طول موج در هوا، کمتر است.

**۷- ۲)** $V = \frac{C}{n}$ سرعت نور در محیط n

$V' = \frac{C}{n'} = \frac{C}{n}\frac{n}{n'} = V\frac{n}{n'}$ سرعت نور در محیط $n'$

l مسافت طی شده در محیط n و $l'$ مسافت طی شده در محیط $n'$ است بنابراین :

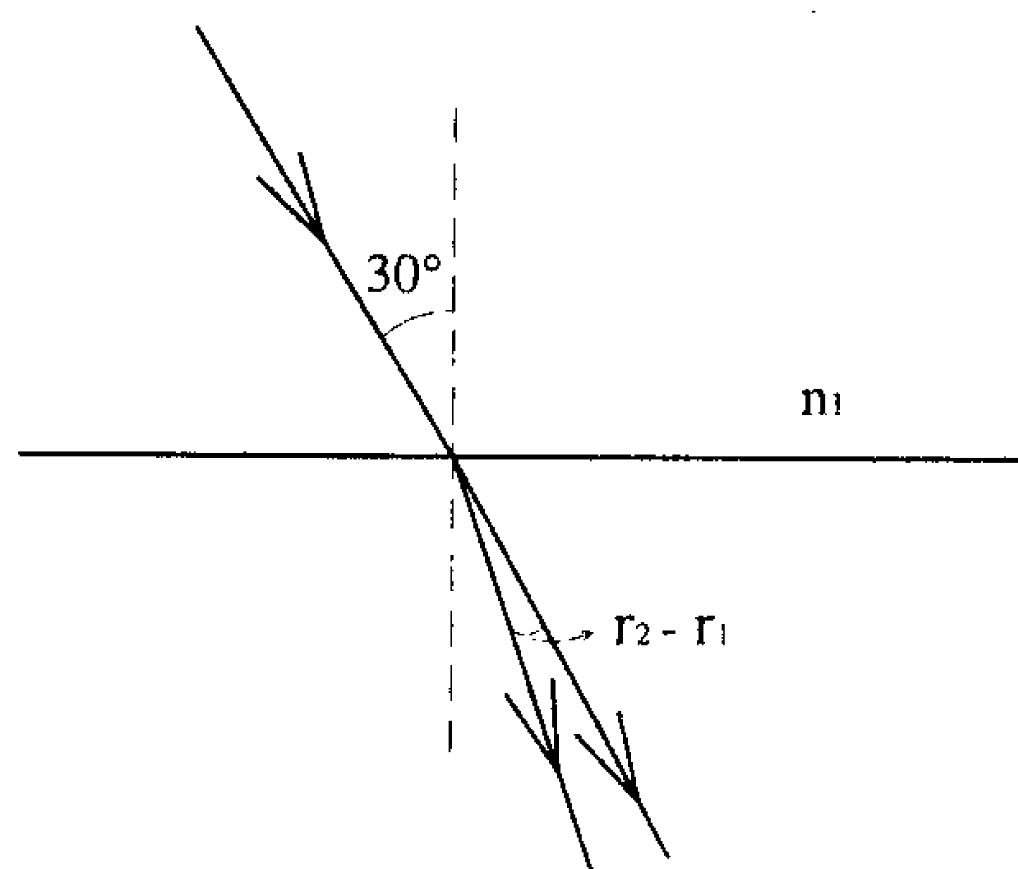
$$t = \frac{l}{v} + \frac{l'}{v'} = \frac{l}{v} + \frac{l'}{v(\frac{n}{n'})} = \frac{1}{v}(l + \frac{n'}{n}l')$$

**۸- ۴)** $\lambda_1 = ۴۰۰\ nm \Rightarrow n_1 = ۱/۴۷۰۲$

$\lambda_۲ = ۵۰۰\ nm \Rightarrow n_۲ = ۱/۴۶۲۴$

$$\frac{\sin i}{\sin r_1} = \frac{n_۲}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin ۳۰^\circ}{\sin r_1} = \frac{۱/۴۷۰۲}{۱} \Rightarrow r_1 = ۱۹/۸۸۲۳^\circ$$

$$\frac{\sin ۳۰^\circ}{\sin r_۲} = \frac{۱/۴۶۲۴}{۱} \Rightarrow r_۲ = ۱۹/۹۹۲۹^\circ \Rightarrow r_۲ - r_1 = ۰/۱۱^\circ$$




**۹- ۱)** چون در ورود و خروج هوا را داریم و زاویه تابش (ورودی) ۶۰ - ۹۰ = i است، زاویه نهایی خروجی نیز °۳۰ است. چون پرتو خروجی با پرتو ورودی موازی است.

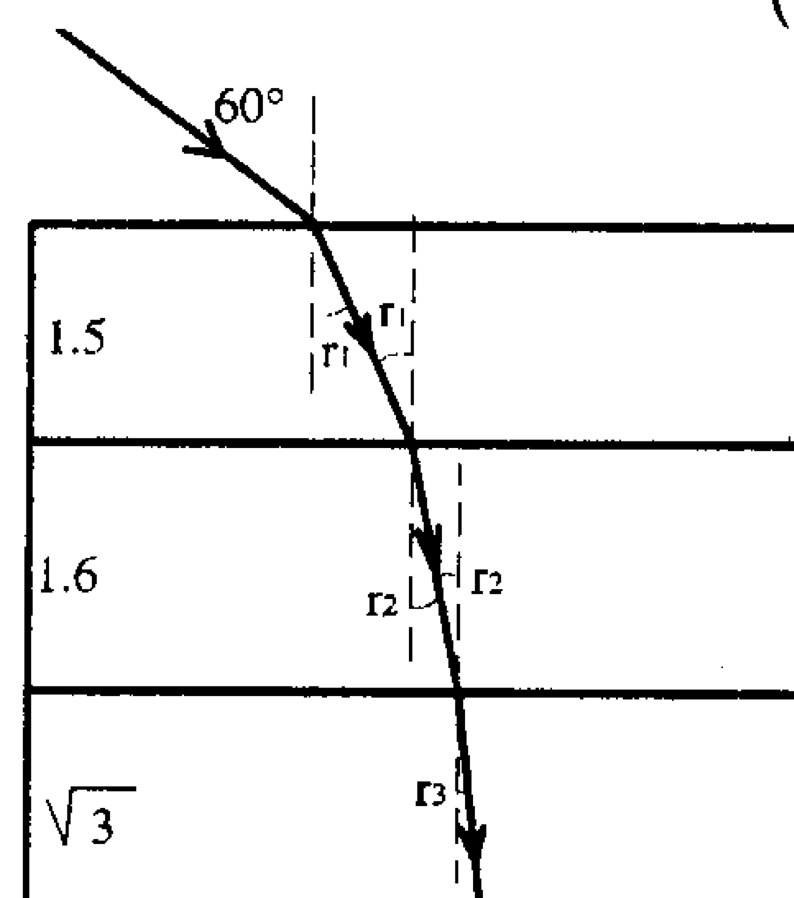
**۱۰- ۱)**

$$۱ \times \sin ۶۰ = \sin r_1 = \frac{\frac{\sqrt{۳}}{۲}}{۱/۵} = \frac{\sqrt{۳}}{۳}$$

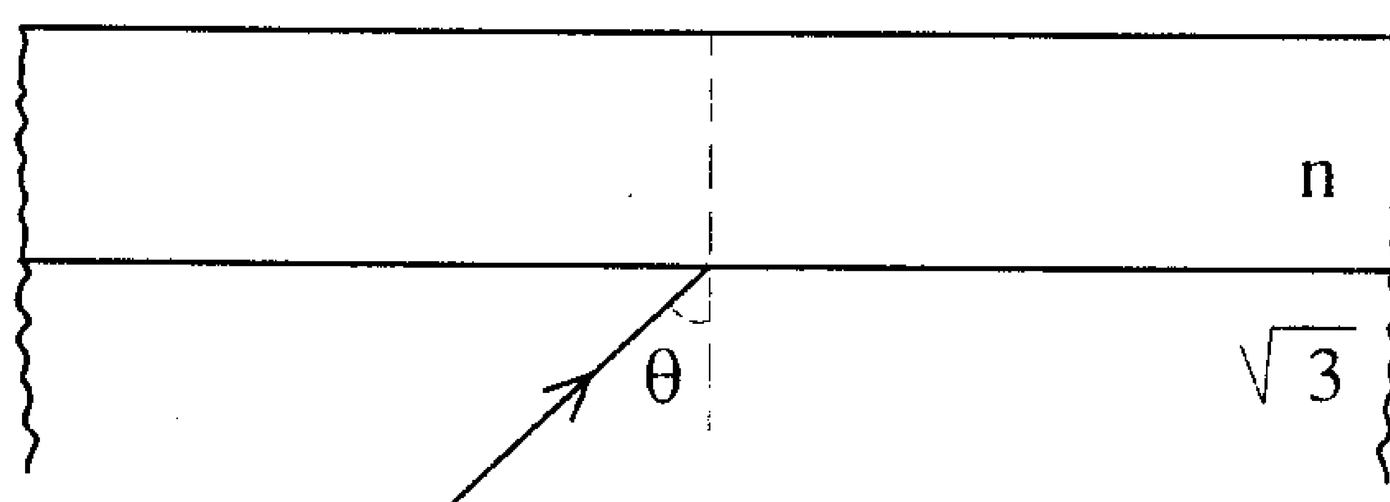
$$۱/۵ \sin r_1 = ۱/۶ \sin r_۲ \Rightarrow \sin r_۲ = \frac{۱/۵}{۱/۶}(\frac{\sqrt{۳}}{۳})$$

$$۱/۶ \sin r_۲ = \sqrt{۳} \sin r_۳ \Rightarrow \sin r_۳ = (\frac{۱/۶}{\sqrt{۳}})(\frac{۱/۵}{۱/۶})(\frac{\sqrt{۳}}{۳}) = \frac{۱}{۲}$$

$$\Rightarrow r_۳ = ۳۰^\circ$$




**۱۱- ۴)** برای آن که نور وارد مایع نشود زاویه تابش باید بزرگتر از زاویه حد باشد.



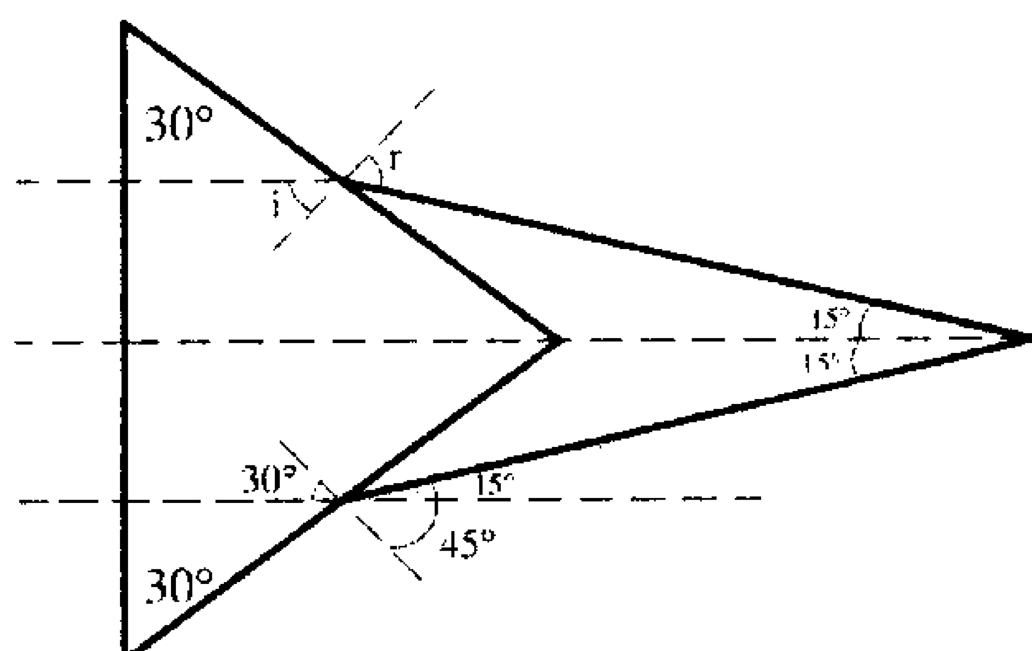
$\sqrt{۳}\sin\theta_c = n\sin ۹۰ \Rightarrow n = \sqrt{۳}\sin\theta_c$

چون می‌خواهیم $۶۰ < \theta$ باشد بنابراین $۶۰ < \theta_c$ بنابراین:

$n \geq \sqrt{۳}\sin ۶۰ = \sqrt{۳}\frac{\sqrt{۳}}{۲} = \frac{۳}{۲}$

**۱۲- ۲)**

**۱۳- ۲)** با توجه به شکل می‌دانیم که پرتو فرودی عمود بر وجه منشور است در نتیجه بدون شکست وارد می‌شود و با زاویه $i = ۹۰° - ۶۰° = ۳۰°$ به وجه مقابل برخورد نموده و با زاویه r خارج می‌شود.



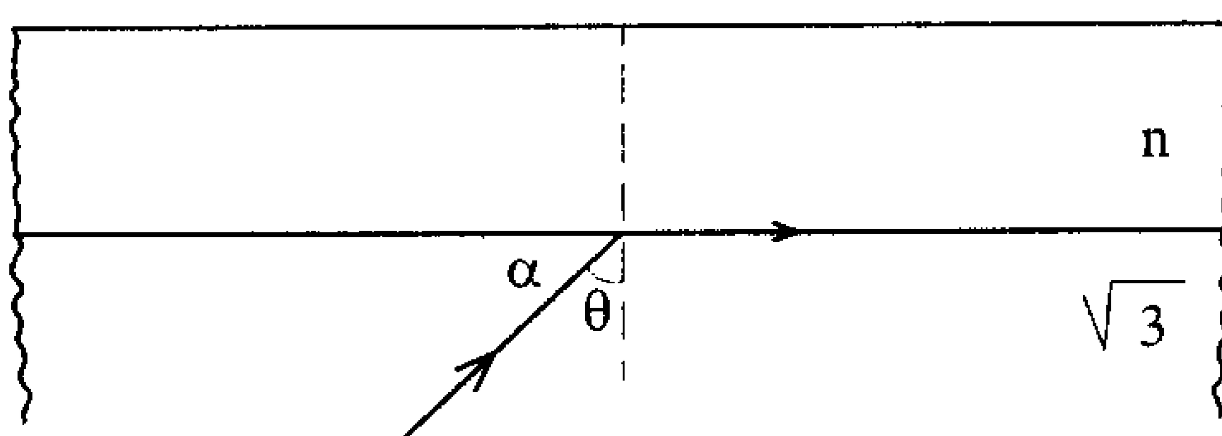

$\sin r = n\sin i = \sqrt{۲}\sin ۳۰° = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \Rightarrow r = ۴۵°$

$۴۵° - ۳۰° = ۱۵ \Rightarrow ۱۵° \times ۲ = ۳۰°$

**۱۴- ۳)**

$\theta = ۹۰ - ۳۰ = ۶۰°$

برای آنکه نور وارد محیط n نشود باید $۶۰ < \theta_C$ باشد.




$\sqrt{۳}\sin\theta_C = n\sin ۹۰ = n \times ۱$

$\Rightarrow \sin\theta_C = \frac{n}{\sqrt{۳}}$

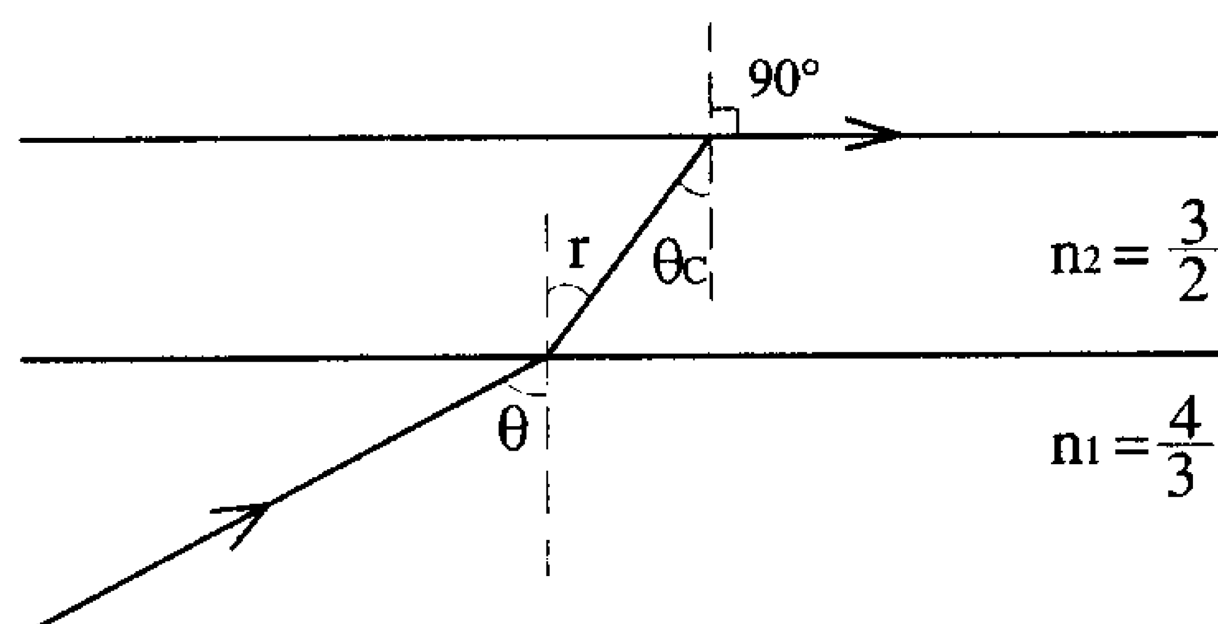
$\theta_C < ۶۰ \Rightarrow \sin\theta_C < \sin ۶۰ = \frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow \frac{n}{\sqrt{۳}} < \frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow n < \frac{۳}{۲} = ۱/۵$

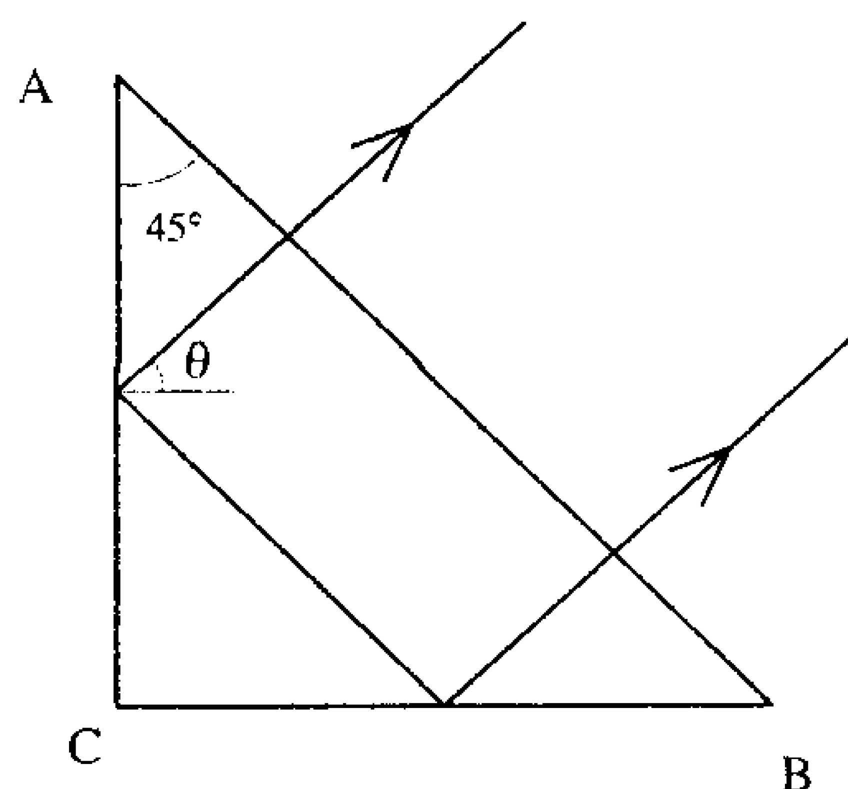
**۱۵- ۳)** چون نور وارد هوا نمی‌شود پس زاویه تابش نور به سطح روغن ـ هوا باید حداقل برابر زاویه حد باشد.

$n_۲ \sin\theta_C = ۱ \times \sin ۹۰ \Rightarrow \sin\theta_C = \frac{۱}{n_۲} = \frac{۲}{۳}$

$n_۱ \sin\theta = n_۲ \sin r = n_۲ \sin\theta_C = ۱$

$\frac{۴}{۳}\sin\theta = ۱ \Rightarrow \theta = \text{Arcsin}\frac{۳}{۴}$




**۱۶- ۲)** با توجه به آن‌که مقطع منشور متساوی‌الساقین و قائم‌الزاویه است پس $\hat{A} = \hat{B} = ۴۵°$ و در نتیجه چون

پرتو عمود بر AB تابیده و عمود وارد منشور می‌شود :

$$\theta = ۴۵$$

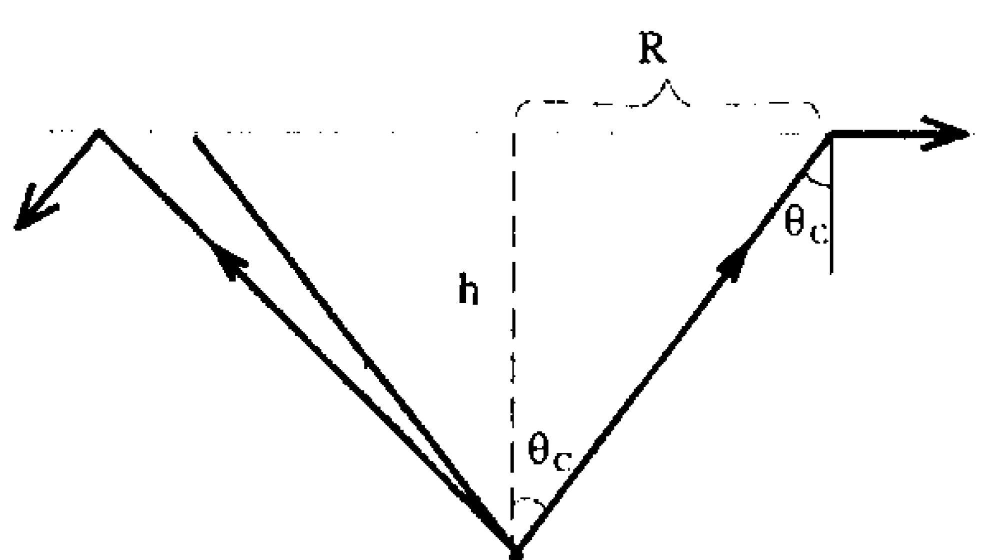
برای بازتاب داخلی $\Leftarrow$ زاویه حد $\theta > \theta_C = \sin^{-1}\frac{۱}{n}$

$$\Rightarrow \sin\theta = \sin ۴۵ > \sin\theta_C = \frac{۱}{n} \Rightarrow \frac{\sqrt{۲}}{۲} > \frac{۱}{n}$$

$$\Rightarrow n > \sqrt{۲}$$

**۱۷- ۳)** $n = \sqrt{۲}$ و $h = ۱۰\ Cm$ عمق واقعی

پرتوهای با $\theta > \theta_C$ به داخل آب بازتاب داخلی پیدا می‌کنند.




$$n\sin\theta_C = ۱\times\sin ۹۰ \Rightarrow \sin\theta_C = \frac{۱}{\sqrt{۲}} \Rightarrow \theta_C = ۴۵^\circ$$

$$R = h\tan ۴۵ = h = ۱۰\ Cm$$

بنابراین ناحیه‌ای که نور خارجی می‌شود دایره‌ای به شعاع ۱۰ Cm است.

**۱۸- ۱)** $\alpha$ زاویه رأس منشور و $\delta = (n - ۱)\alpha$ زاویه انحراف

$\delta_C = (n_C - ۱)\alpha$ و $\delta_F = (n_F - ۱)\alpha$ و $\delta_D = (n_D - ۱)\alpha$

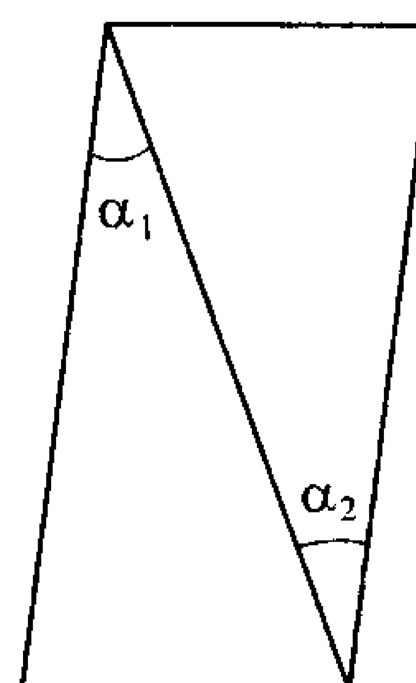
$$\frac{\delta_F - \delta_C}{\delta_D} = \frac{(n_F - ۱)\alpha - (n_C - ۱)\alpha}{(n_D - ۱)\alpha} = \frac{n_F - n_C}{(n_D - ۱)}$$

**۱۹- ۴)** $\delta = (n - ۱)\alpha$ زاویه انحراف

$$\begin{matrix}\delta_V = (n_V - ۱)\alpha \\ \delta_R = (n_R - ۱)\alpha\end{matrix} \Rightarrow \delta_V - \delta_R = (n_V - n_R)\alpha$$

**۲۰- ۱)** دو منشور نازک به گونه‌ای به هم چسبیده‌اند که هر یک انحراف ناشی از دیگری را خنثی و پرتو نهایتاً به مسیر اولیه بر می‌گردد.

$$\begin{cases}\delta_۱ = (n_۱ - ۱)\alpha_۱ \\ \delta_۲ = (n_۲ - ۱)\alpha_۲\end{cases} \quad \delta_۱ = \delta_۲ \Rightarrow \frac{(n_۱ - ۱)}{(n_۲ - ۱)} = \frac{\alpha_۲}{\alpha_۱}$$




**۲۱- ۱)** همان گونه که در متن خلاصه درس اثبات شد راه نوری مسافتی است که نور در همان مدت زمان t (زمانی که از محیط‌های شفاف عبور کرده است) در خلأ طی می‌کند $[L] = ct$ . به عبارتی اگر مسافت $L_۱$ را در زمان $t_۱$ و $L_۲$ را در $t_۲$ و ... با سرعتهای $V_۱$ و $V_۲$ و ... طی کرده باشد.

$$[L]=\sum_{i=۱}^{m} n_i L_i=\sum_{i=۱}^{m} n_i v_i t_i=\sum_{i=۱}^{m} n_i \frac{c}{n_i} t_i=c\sum_{i=۱}^{m} t_i$$

$$= c\,(t_۱+t_۲+...)=ct$$

۲۲- ۲)

۲۳- ۴)

$\alpha = ۶۰^\circ$ و $\theta_{i۱} = ۳۰^\circ$ $\quad n_i \sin\theta_i = n_r \sin\theta_r$

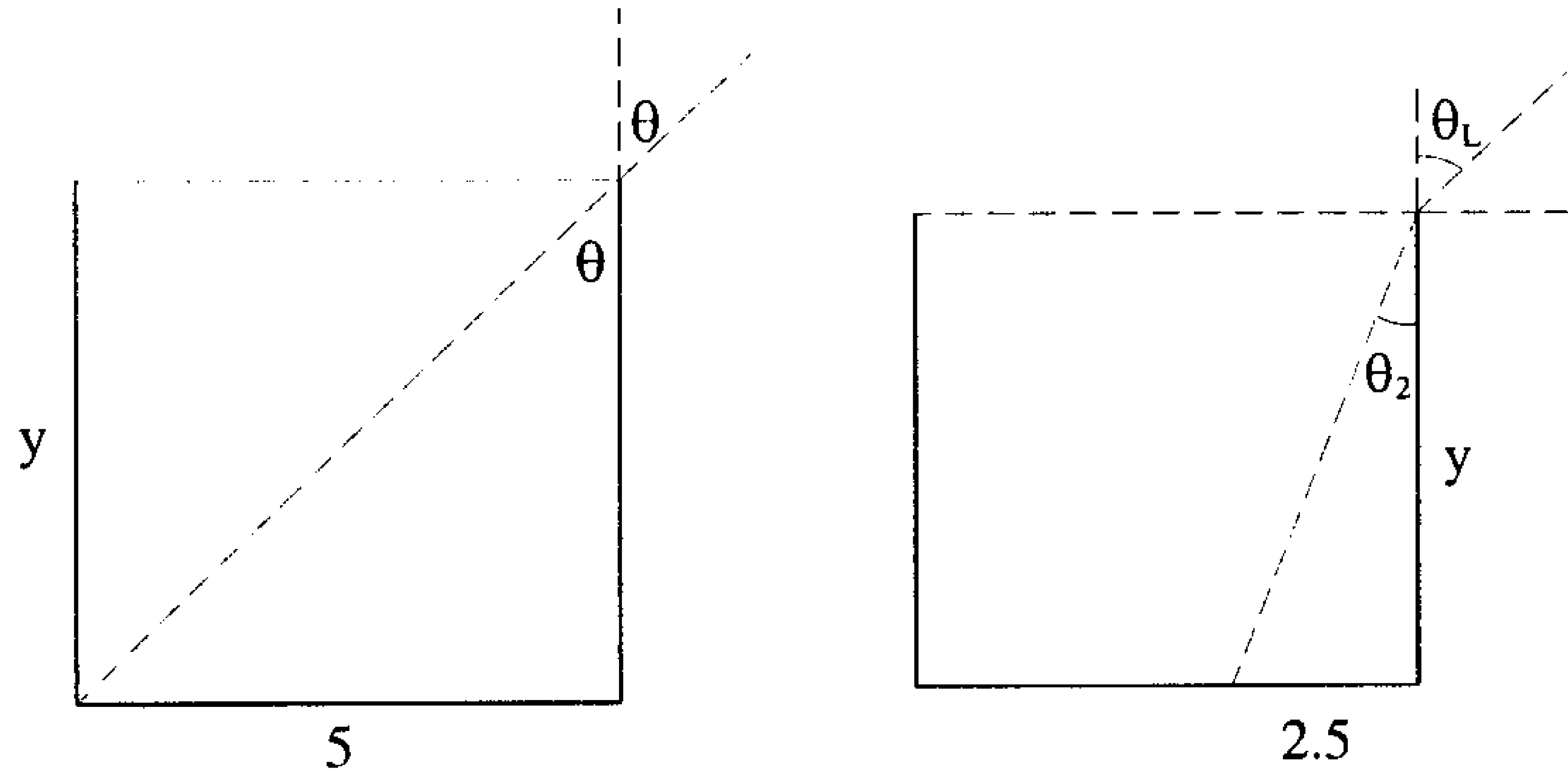
$۱ \times \sin ۳۰ = ۱/۵ \sin\theta_r \Rightarrow \theta_{r۱} = ۱۹/۴۷^\circ$

$\alpha = \theta_{r۱} + \theta_{i۲} \Rightarrow \theta_{i۲} = ۶۰ - ۱۹/۴۷ = ۴۰/۵۳^\circ$

$۱/۵ \sin ۴۰/۵۳ = \sin\theta_r \Rightarrow \theta_{r۲} = ۷۷/۱۰^\circ$

$\delta = (\theta_{i۱} - \theta_{r۱}) + (\theta_{r۲} + \theta_{i۱}) = \theta_{ir} + \theta_{r۱} - \alpha = ۳۰ + ۷۷/۱۰ - ۶۰ = ۴۷/۱^\circ$

۲۴- ۱)




$n_i \sin\theta_i = n_r \sin\theta_r \qquad ۱\times\frac{۵}{\sqrt{y^۲+۲۵}} = ۱/۳\times\frac{۲/۵}{\sqrt{y^۲+۶/۲۵}}$

$۲/۳۱\, y^۲ = ۱۷/۲۵ \Rightarrow y = ۲/۷۳$ Cm

۲۵- ۵)

$A=\int\frac{ds}{v}$ انتگرال عمل

$$A=\frac{L_۱}{V_۱}+\frac{L_۲}{V_۲}=\frac{n_۱L_۱}{c}+\frac{n_۲L_۲}{c}=\frac{n_۱}{c}\sqrt{a^۲+x^۲}+\frac{n_۲}{c}\sqrt{b^۲+(d-x)^۲}$$

$$\frac{dA}{dx}=۰\Rightarrow n_۱\frac{x}{\sqrt{a^۲+x^۲}}=n_۲\frac{d-x}{\sqrt{b^۲+(d-x)}}$$

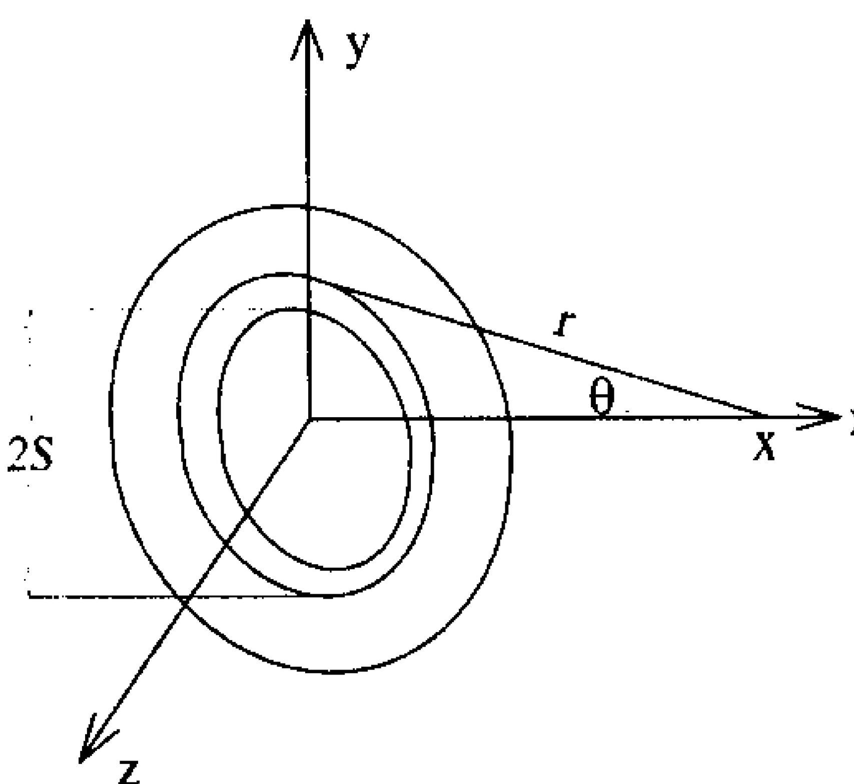
$n_۱ \sin\theta_۱ = n_۲ \sin\theta_۲$

۲۶- ۲)

$A=\int\frac{ds}{v} \qquad n=\frac{c}{v}$

$$A=\frac{۱}{C}\int n(x,y)\sqrt{dx^۲+dy^۲}$$

$$ds=\sqrt{dx^۲+dy^۲}\Rightarrow A=\frac{۱}{C}\int_P^Q\sqrt{۱+y'^۲}\,n(x,y)dx$$



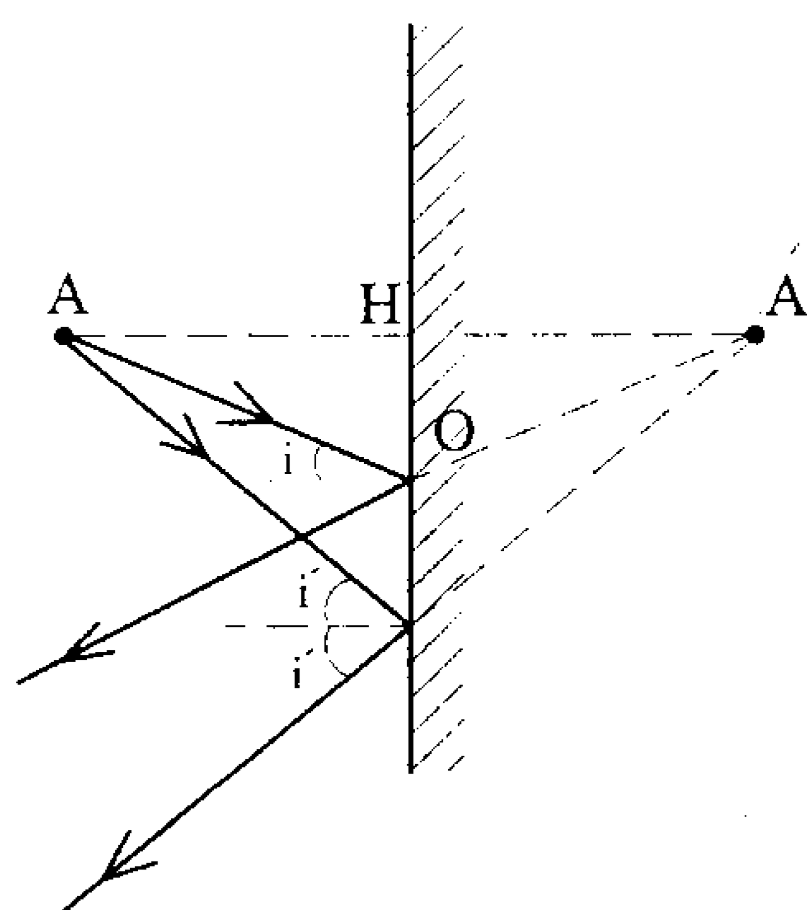
# فصل سوم

# بازتابش و شکست، امواج کروی و سطوح کروی

## ۱- ۳ امواج کروی ـ آینه تخت

تصویر شئ o را در آینه تخت می‌توان بر اساس بازتاب دو پرتو آمده از جسم به دست آورد. این دو پرتو پس از بازتاب از آینه به گونه‌ای از یکدیگر دور می‌شوند که گویا از نقطه‌ای در پشت آینه آمده‌اند.

خصوصیات تصویر یک جسم (جسم حقیقی) در آینه تخت عبارت است از :



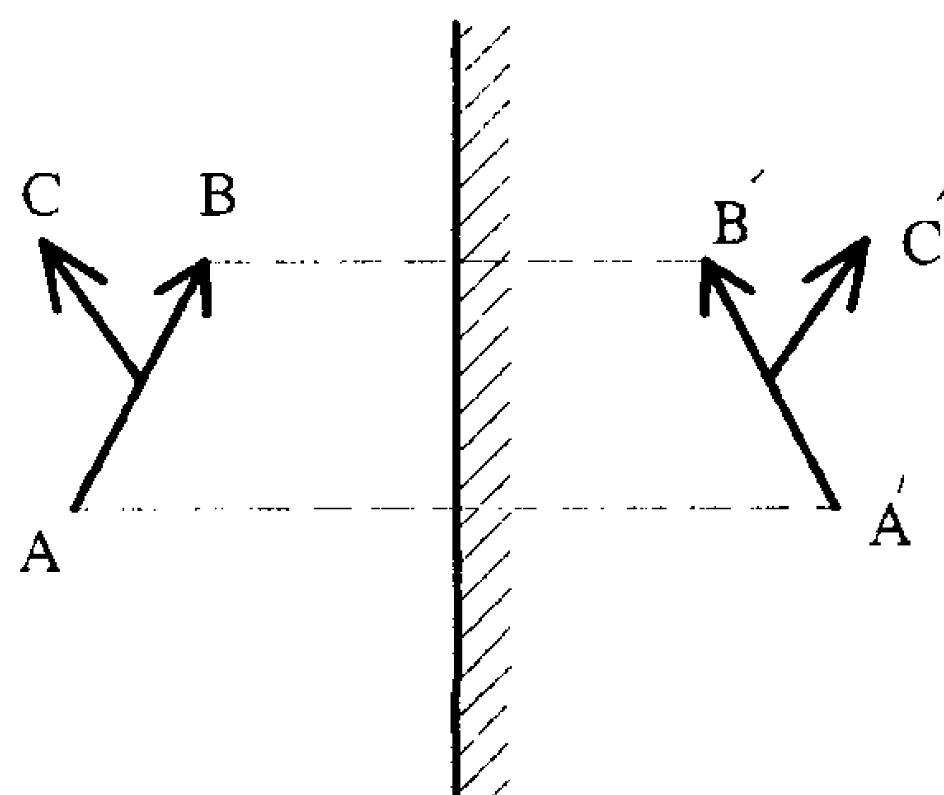

الف) فاصله جسم تا آینه برابر فاصله تصویر تا آینه $AH= A'H$

ب) تصویر مجازی است.

ج) تصویر دارای وارونی جانبی است (جای چپ و راست عوض می‌شود).

د) تصویر نسبت به شکل مستقیم است (وارون نشده).

ه) بزرگی تصویر با بزرگی جسم برابر است.



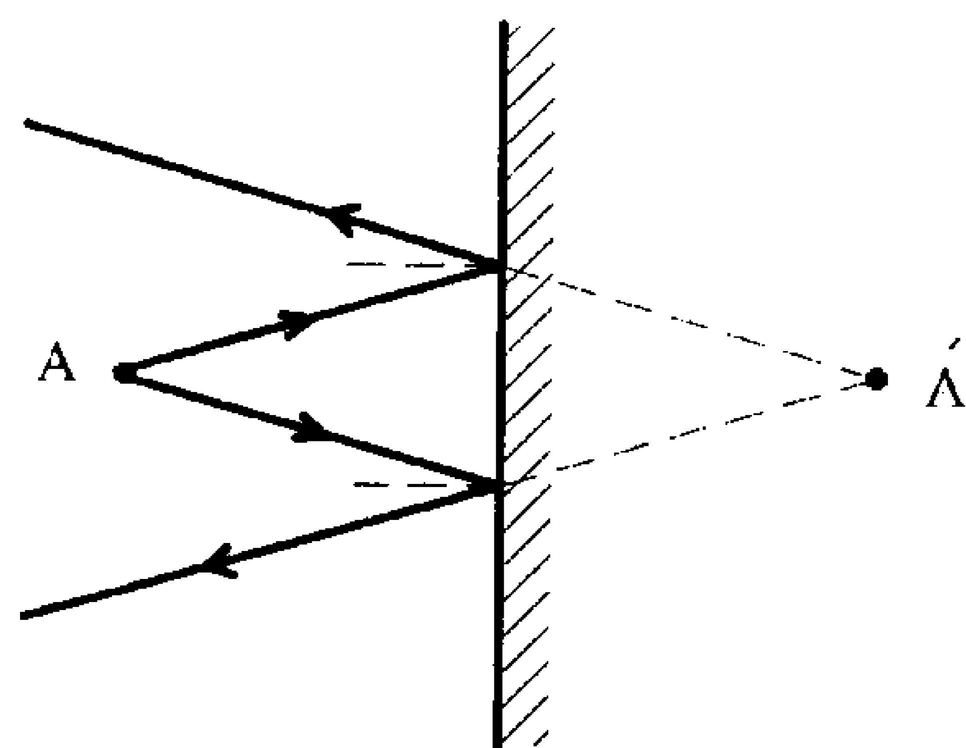

فاصله جسم تا آینه = o

$\Rightarrow i = -o$

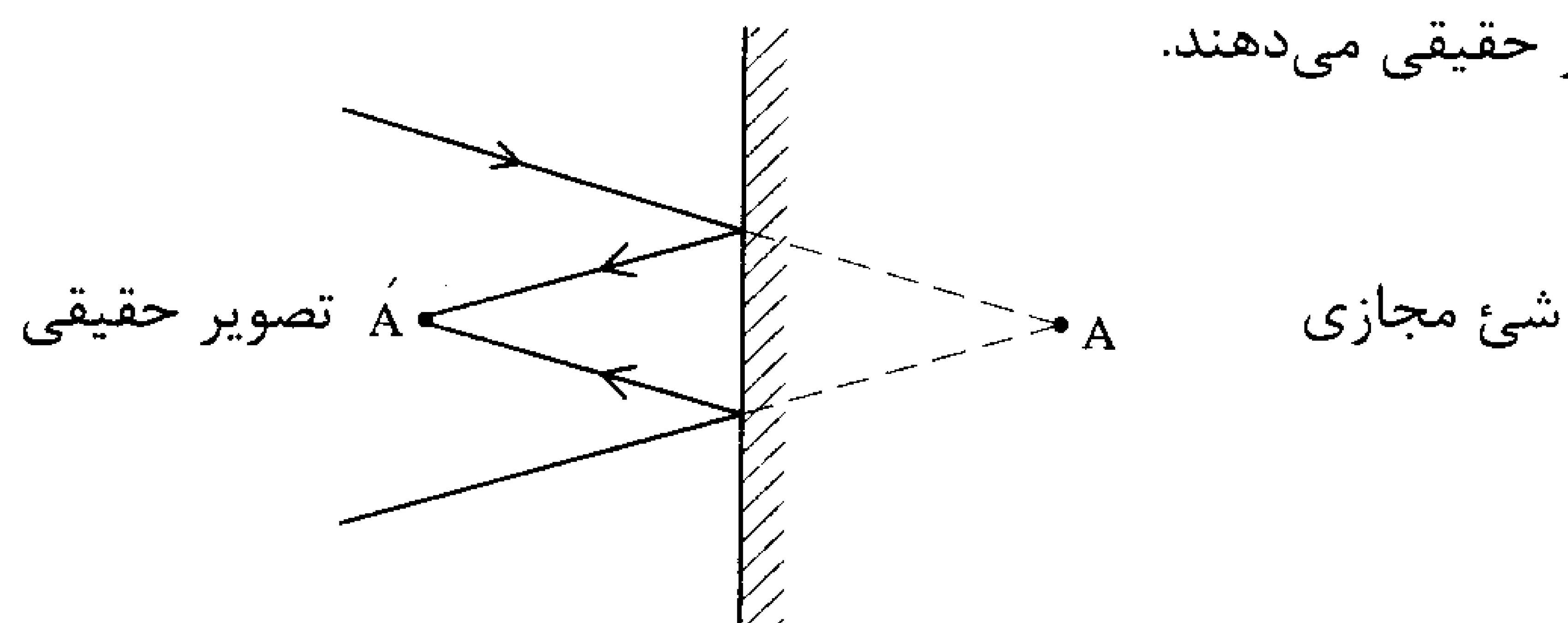
فاصله تصویر تا آینه = i

برابری AH و 'HA را می‌توان از تساوی دو مثلث $\overset{\Delta}{AHO}$ و $\overset{\Delta}{A'HO}$ به دست آورد.

**نکته :** هنگامی که یک جسم را در برابر آینه تخت قرار می‌دهیم، در واقع یک جسم حقیقی را در برابر آینه قرار داده‌ایم که پرتوها از سوی جسم به صورت واگرا به آینه برخورد کرده و به صورت واگرا منعکس شده و یک تصویر مجازی می‌دهند.




اما اگر شئ مجازی باشد پرتوها به صورت همگرا به طرف آینه تخت می‌روند و پس از بازتاب نیز همگرا هستند و تشکیل یک تصویر حقیقی می‌دهند.

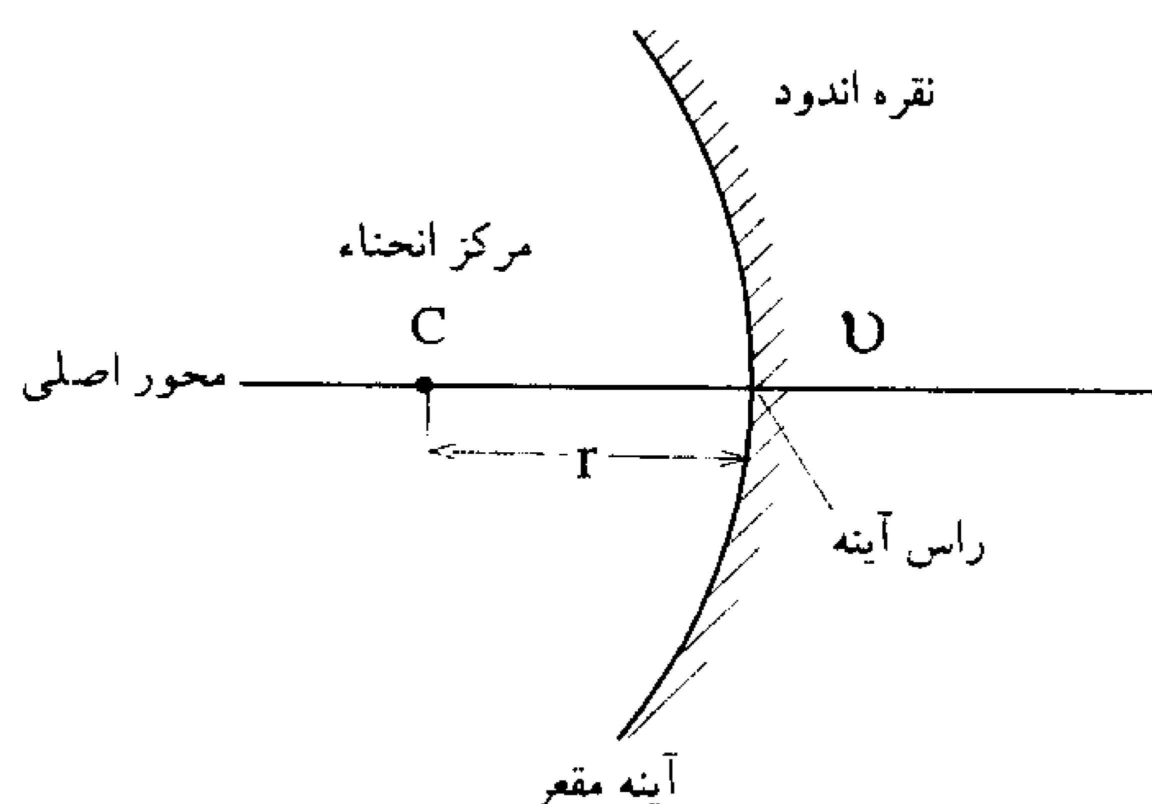


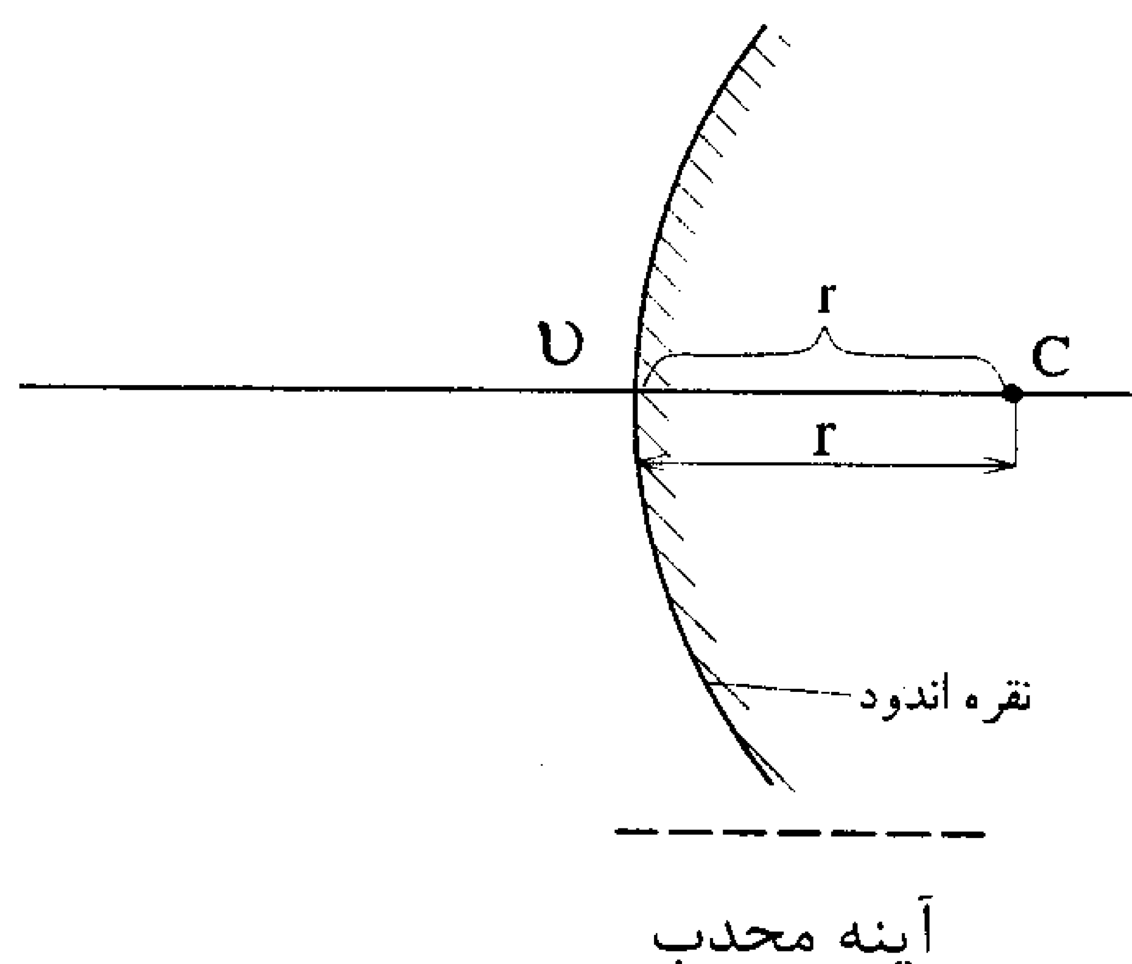

بعداً در مورد شئ مجازی شرح خواهیم داد.

**نکته** : اگر دو آینه با هم زاویه α بسازند تعداد تصاویری که از شیئی که در میان دو آینه قرار داده‌ایم می‌توان مشاهده کرد $N = \frac{۳۶۰}{\alpha} - ۱$ می‌باشد.

## ۲- ۳ امواج کروی ـ آینه کروی

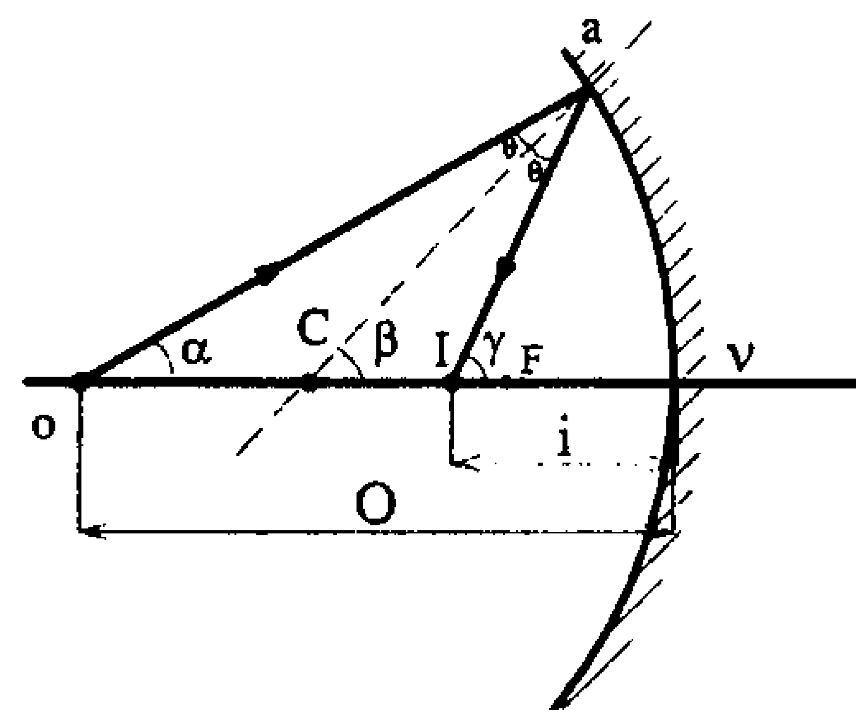
می‌دانیم که آینه‌های کروی، آینه‌هایی هستند که سطح آنها قسمتی از یک کره است، که در دو نوع مقعر (کاو) و محدب (کوژ) ساخته می‌شوند.



اگر O فاصله جسم (روی محور اصلی) تا آینه باشد (تا رأس آینه $\upsilon$) و i فاصله جسم تا آینه باشد داریم :

$f = \frac{r}{۲}$ فاصله کانونی و $\frac{۱}{O}+\frac{۱}{i}=\frac{۱}{f}$ یا $\frac{۱}{O}+\frac{۱}{i}=\frac{۲}{r}$




پرتو آمده از نقطه O در نقطه a بازتاب پیدا می‌کند.

$$\alpha=\frac{a\hat{\upsilon}}{O},\ \beta=\frac{a\hat{\upsilon}}{r},\ \gamma=\frac{a\hat{\upsilon}}{i}$$

$\overset{\Delta}{Oca}$ زاویه خارجی مثلث $\beta : \beta=\alpha+\theta$

$\overset{\Delta}{cIa}$ زاویه خارجی مثلث $\gamma : \gamma=\theta+\beta$

$$\Rightarrow \gamma-\beta=\beta-\alpha \Rightarrow \alpha+\gamma=۲\beta$$

$$\Rightarrow \frac{a\hat{\upsilon}}{O}+\frac{a\hat{\upsilon}}{i}=۲\frac{a\hat{\upsilon}}{r} \Rightarrow \frac{۱}{O}+\frac{۱}{i}=\frac{۲}{r}$$

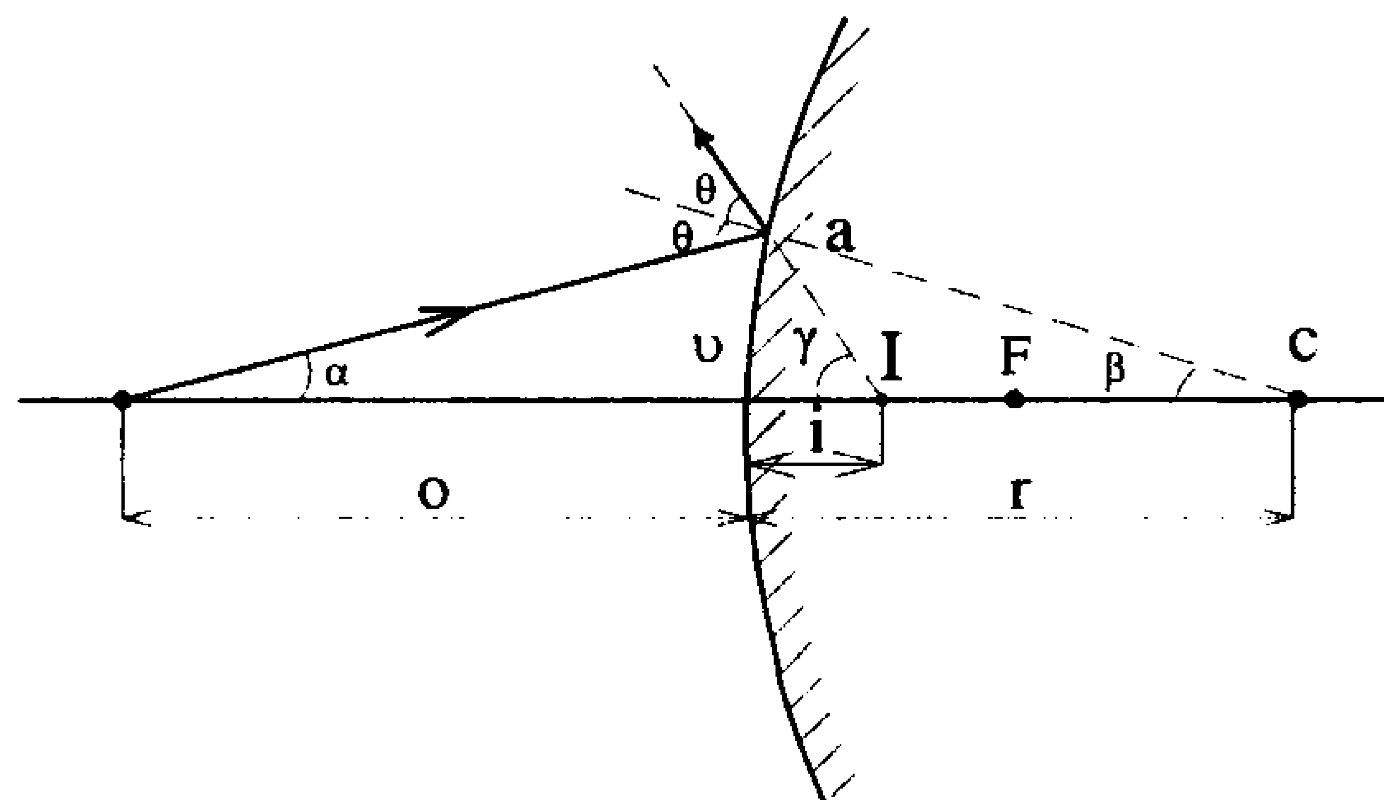
هنگامی که جسم روی محور اصلی در بی‌نهایت است $(O=\infty)$، به عبارتی پرتوها موازی با محور اصلی به سمت آینه مقعر می‌آیند همدیگر را در نقطه‌ای روی محور اصلی قطع می‌کنند (محل تصویر آن نقطه است)، این نقطه را F کانون اصلی آینه مقعر گفته و فاصله آن تا آینه فاصله کانونی عدسی است.

$$O=\infty \Rightarrow i=f \Rightarrow \frac{۱}{\infty}+\frac{۱}{f}=\frac{۲}{r} \Rightarrow f=\frac{r}{۲}$$

**نکته** : رابطه بالا را می‌توان برای آینه محدب نیز اثبات کرد. که البته در آنجا کانون اصلی مجازی و f منفی است. تصویر نیز مجازی است.

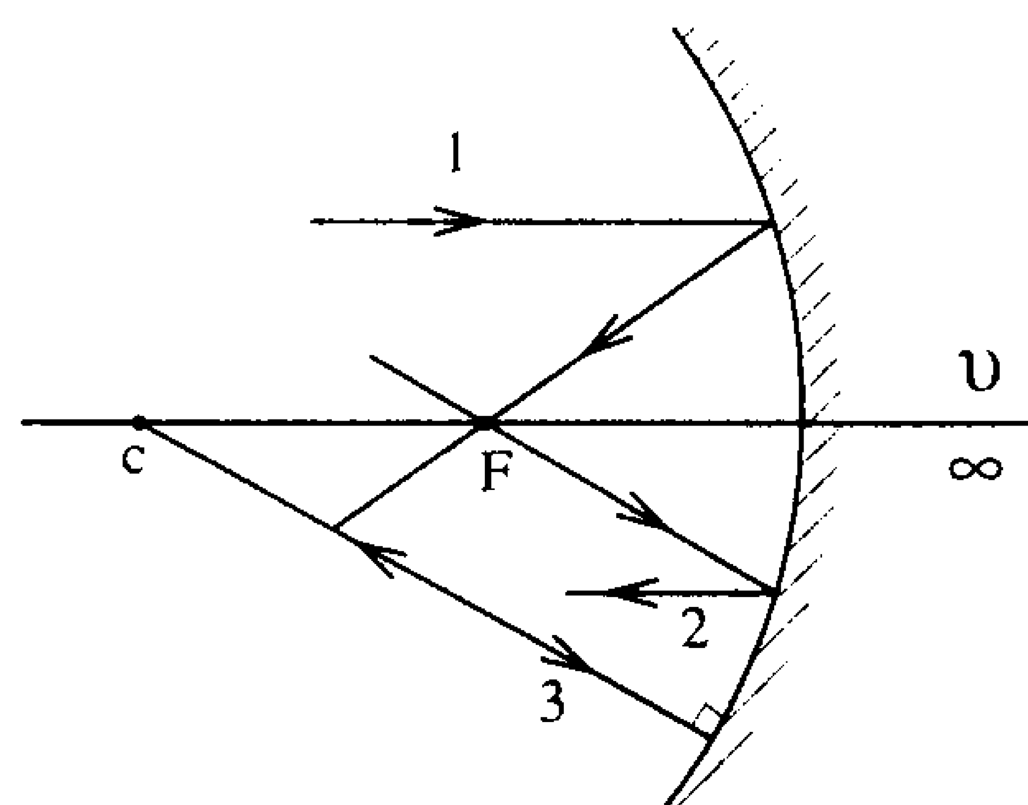
$f=\frac{r}{۲}<۰$ و $i<۰$

$$\frac{۱}{O}+\frac{۱}{i}=\frac{۲}{r}=\frac{۱}{f}$$



## ۳-۳ رسم پرتوها

برای رسم تصاویر می‌توان از رسم سه پرتو مشخص استفاده کرد.

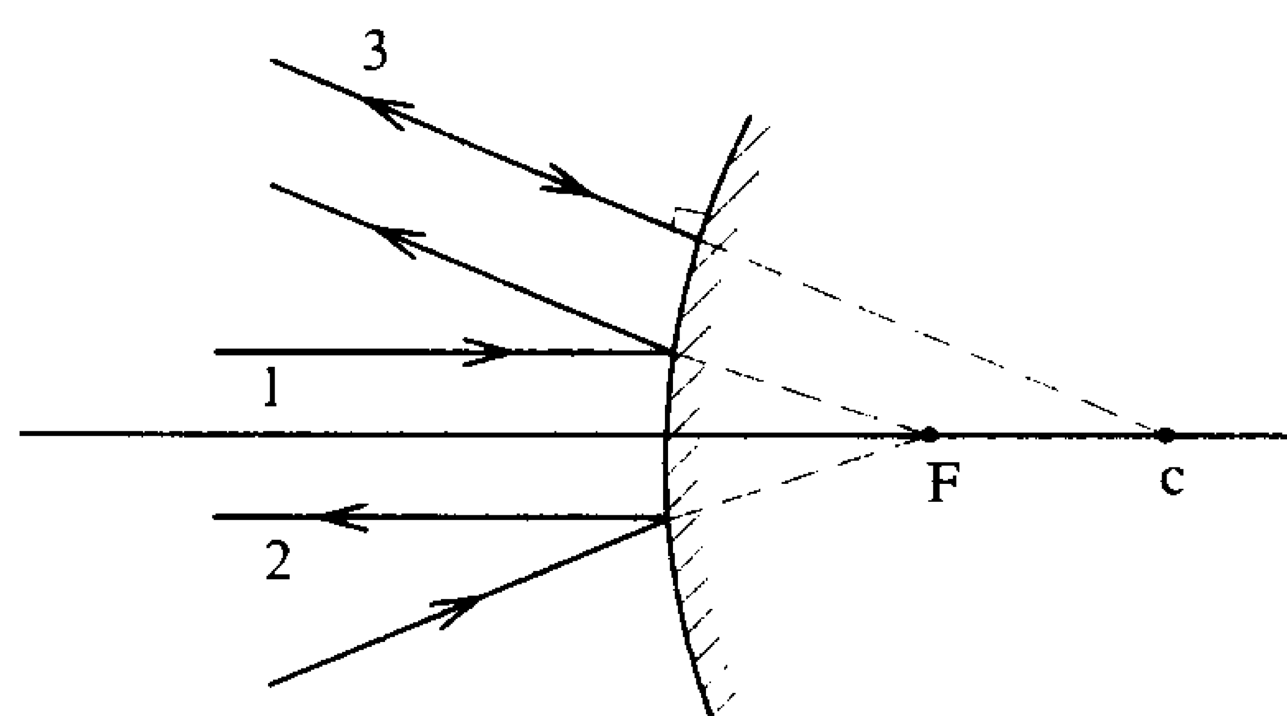



۱ـ پرتوی که موازی با محور اصلی به آینه مقعر برخورد کند از کانون برمی‌گردد.
$(O = \infty \Rightarrow i = f)$

۲ـ پرتویی که از کانون بگذرد پس از بازتاب از آینه موازی با محور اصلی برمی‌گردد.
$(O = f \Rightarrow i = \infty)$

۳ـ پرتویی که از مرکز انحنا عبور کند بر روی خود بازتاب پیدا می‌کند.

و در آینه محدب :




۱) پرتویی که موازی با محور اصلی به آینه برخورد کند طوری از آینه دور می‌شود که گویا از نقطه کانون مجازی در پشت آینه آمده است.

۲) پرتویی که به سمت کانون برود موازی بازمی‌گردد.

۳) پرتویی که به طرف مرکز انحنا برود بر روی خود بازتاب پیدا می‌کند.

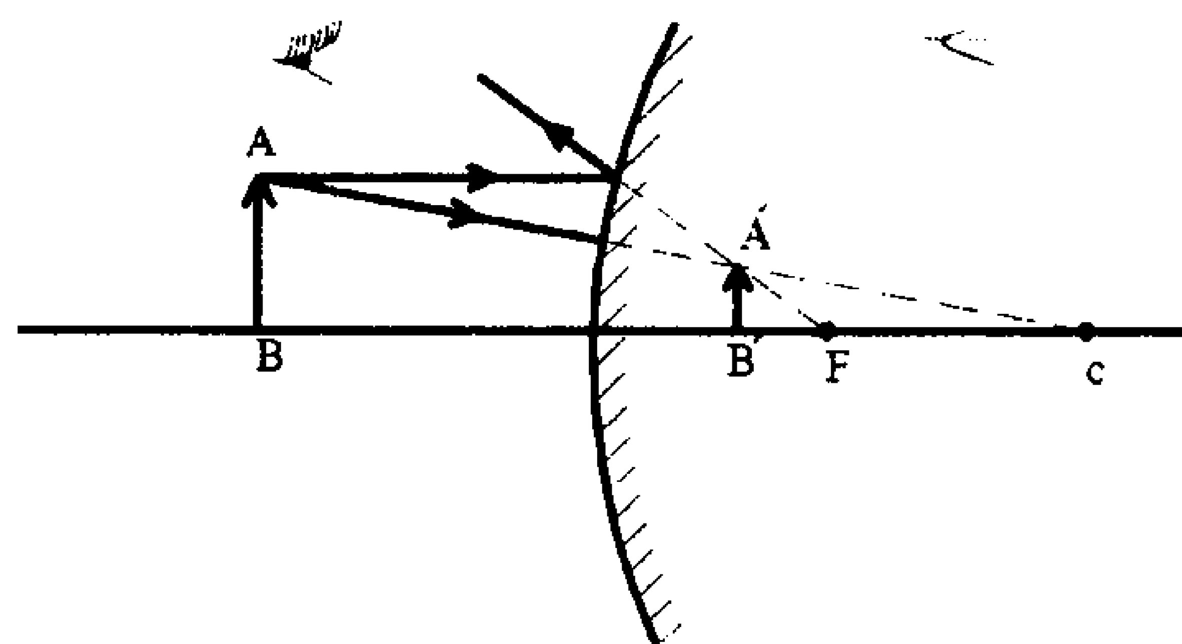
## ۴-۳ خصوصیات و رسم تصویر

$m = -\frac{i}{O}$ بزرگنمایی

در مورد آینه‌های تخت می‌دانیم که $i = -O$ و بنابراین $m = +1$ یعنی تصویر هم اندازه با جسم و علامت + نشان‌دهنده مستقیم بودن آن نسبت به جسم است و تصویر نیز مجازی است $(i < 0)$.

در آینه محدب : همیشه $i < 0$ و تصویر مجازی و مستقیم است، $m < 1$ و همیشه نیز در فاصله کانونی تشکیل می‌شود $0 < |i| < |f|$

$f = \frac{r}{2} < 0$

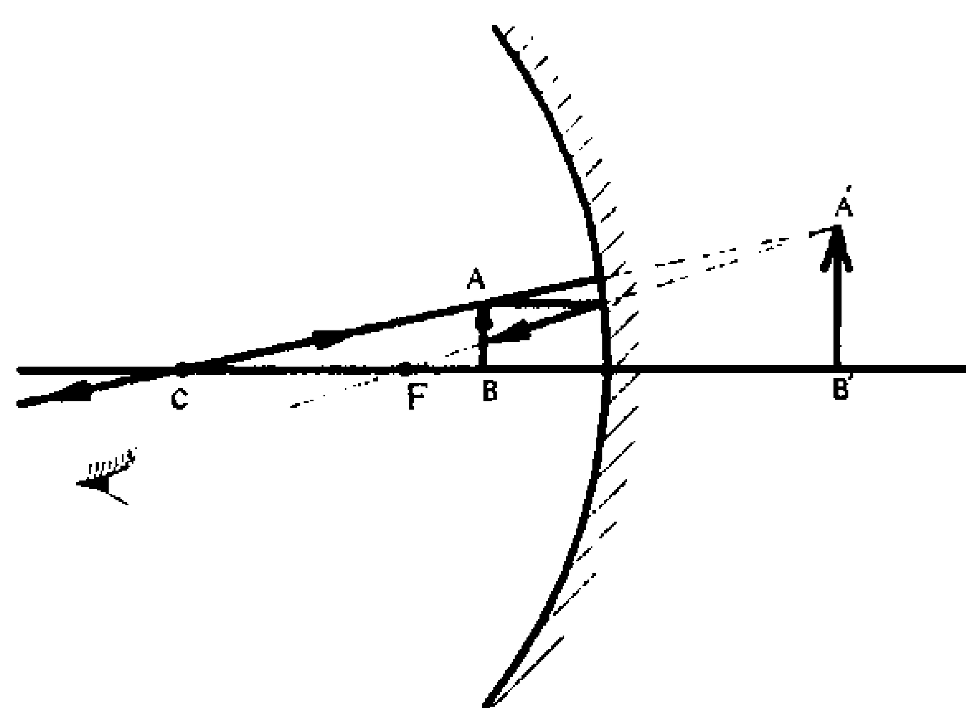


در آینه مقعر : همیشه $f = \frac{r}{۲} > ۰$ است و حالات زیر را داریم :

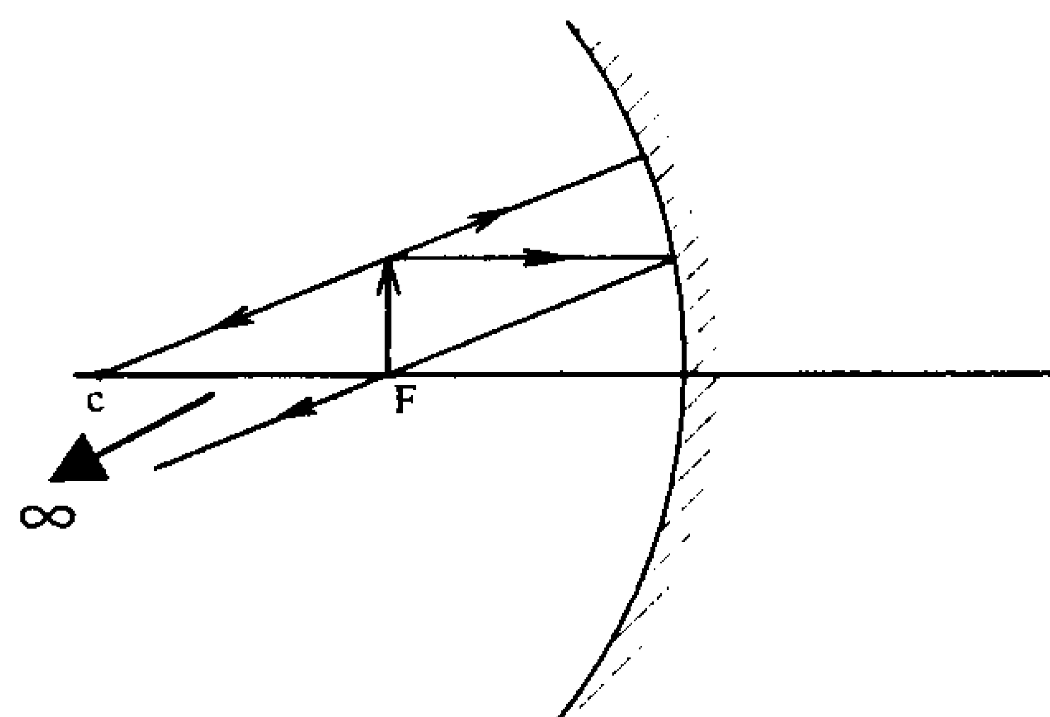
الف) جسم در فاصله کانونی قرار دارد $۰ < O < f$

تصویر مجازی $i < ۰$، مستقیم و بزرگتر است.

$m > +۱$ و $m = \frac{-i}{O}$

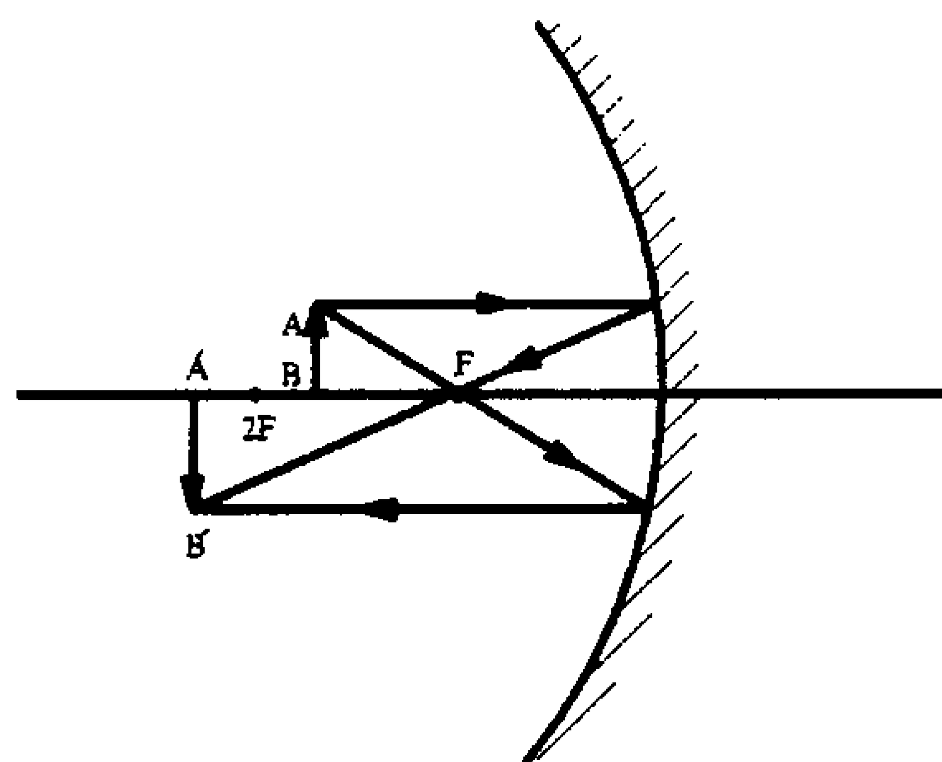



ب) جسم در روی کانون قرار دارد $O = f$ بنابراین تصویر در بی‌نهایت تشکیل شده، بزرگتر، حقیقی و وارون است.




ج) جسم بین کانون و مرکز انحنا است $F < O < ۲F$

تصویر حقیقی، وارون، بزرگتر و بعد از ۲ F تشکیل می‌شود.




$i > ۰ \Rightarrow m = \frac{-i}{O} < ۰$

$|m| > ۱$

د) جسم روی مرکز انحنا قرار دارد $O = ۲F$ در نتیجه تصویر نیز روی مرکز انحنا تشکیل می‌شود $i = ۲F$ تصویر حقیقی، وارون و هم اندازه با جسم است. $i > ۰ \Rightarrow m = \frac{-i}{O} = -۱$

هـ) جسم پس از مرکز انحنا قرار دارد $۲F < O < \infty$ در آن صورت تصویر حقیقی وارون و کوچکتر خواهد بود و $F < i < ۲F$ می‌باشد.

$i > ۰$ و $m = \frac{-i}{O} < ۰$ و $|m| < ۱$

و) جسم در $\infty$ باشد تصویر در کانون تشکیل می‌شود.

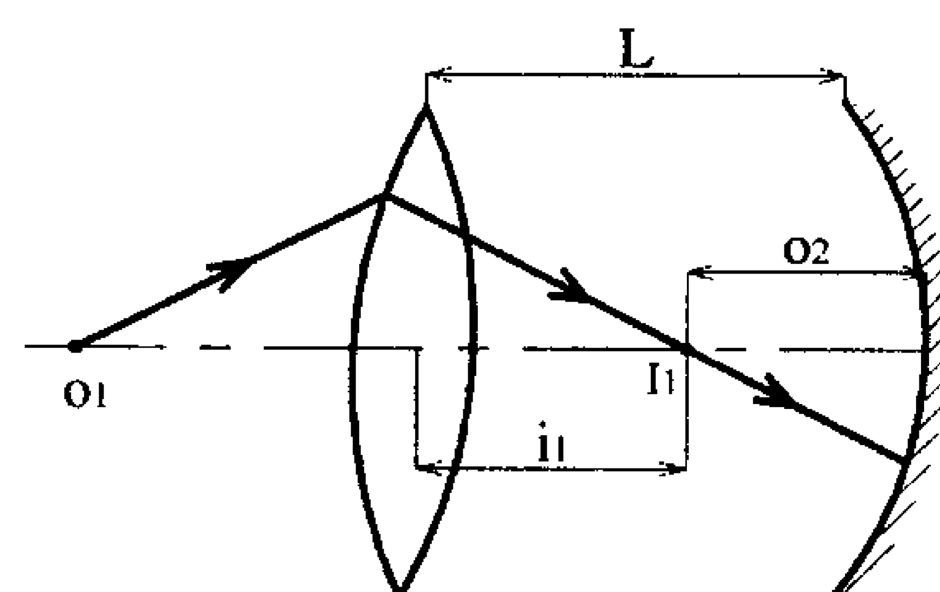
**نکته** : همان طور که دیدیم تصویر حقیقی ناشی از یک شئ حقیقی همواره وارون و دارای بزرگنمایی $m = \frac{-i}{O} < ۰$ است و تصویر مجازی ناشی از یک شئ حقیقی همواره مستقیم و دارای بزرگنمایی $m > ۰$ است.

**نکته** : مزیت آینه محدب بر آینه تخت و آینه مقعر میدان دید وسیعتر آن است و البته باید توجه داشت اجسام را همیشه کوچکتر نشان می‌دهد.

## ۵- ۳ جسم مجازی

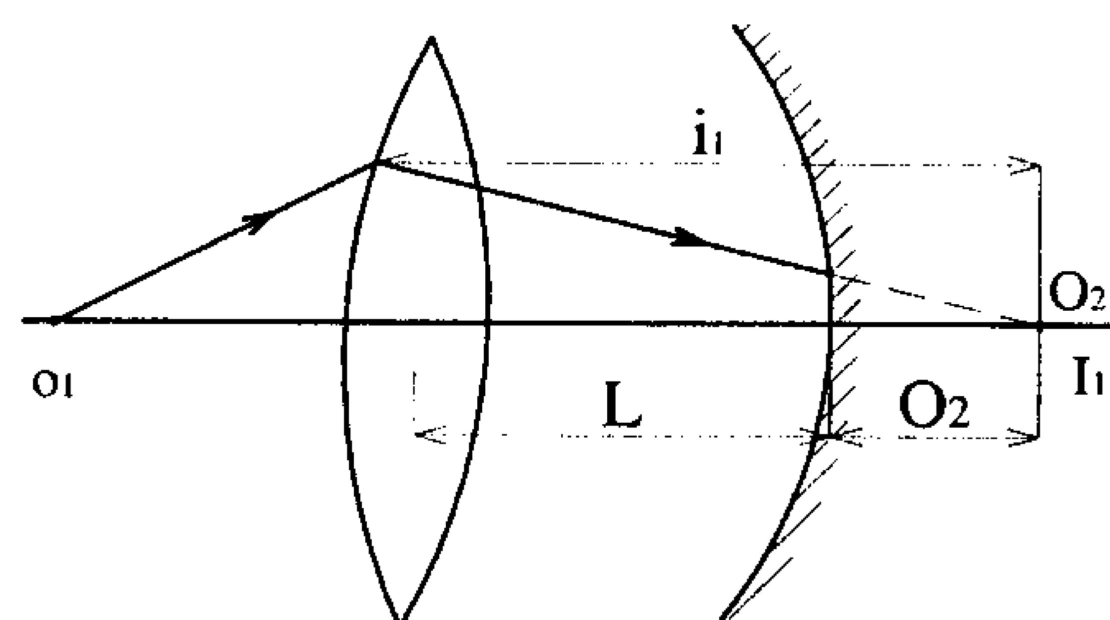
جسم مجازی هنگامی مطرح می‌شود که با ترکیبی از آینه‌ها و یا عدسیها کار می‌کنیم. در واقع جسمی که می‌خواهیم تصویر آن را به دست آوریم خود تصویر ناشی از شئ حقیقی دیگر بوده است :

**۱ـ** اگر تصویر $I_۱$ ناشی از شئ $O_۱$ در عدسی، جلوی آینه افتاد خود به عنوان شئ حقیقی $O_۲$ برای آینه مطرح است (پرتوهای ناشی از $O_۲$ به صورت واگرا به سمت آینه می‌روند).




$O_۲ = L - i_۱ > ۰$

**۲ـ** اگر تصویر $I_۱$ ناشی از شئ حقیقی $O_۱$ در عدسی پشت آینه افتاد، به عنوان شئ مجازی $O_۲$ برای آینه مطرح است (پرتوهای ناشی از $O_۲$ به صورت همگرا به سمت آینه می‌روند).



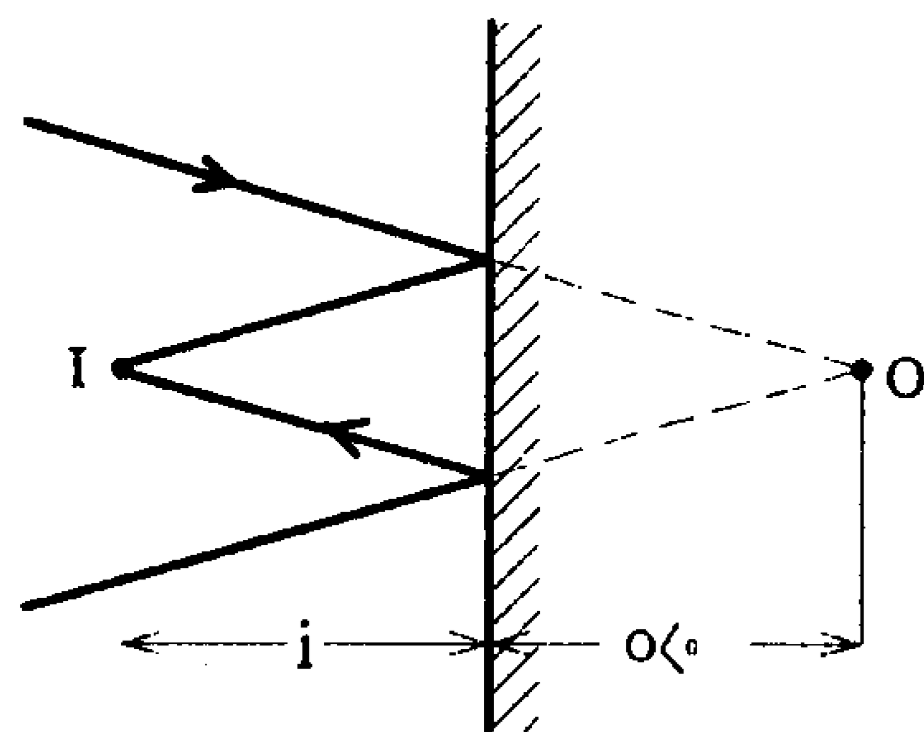

$O_۲ = L - i_۱ < ۰$

حالا که با مفهوم شئ مجازی آشنا شدیم، فقط به بررسی تصویر ناشی از آن در آینه‌ها می‌پردازیم :

### ۱ـ آینه تخت

همان طور که دیدیم تصویر ناشی از شئ مجازی در آینه تخت حقیقی است.

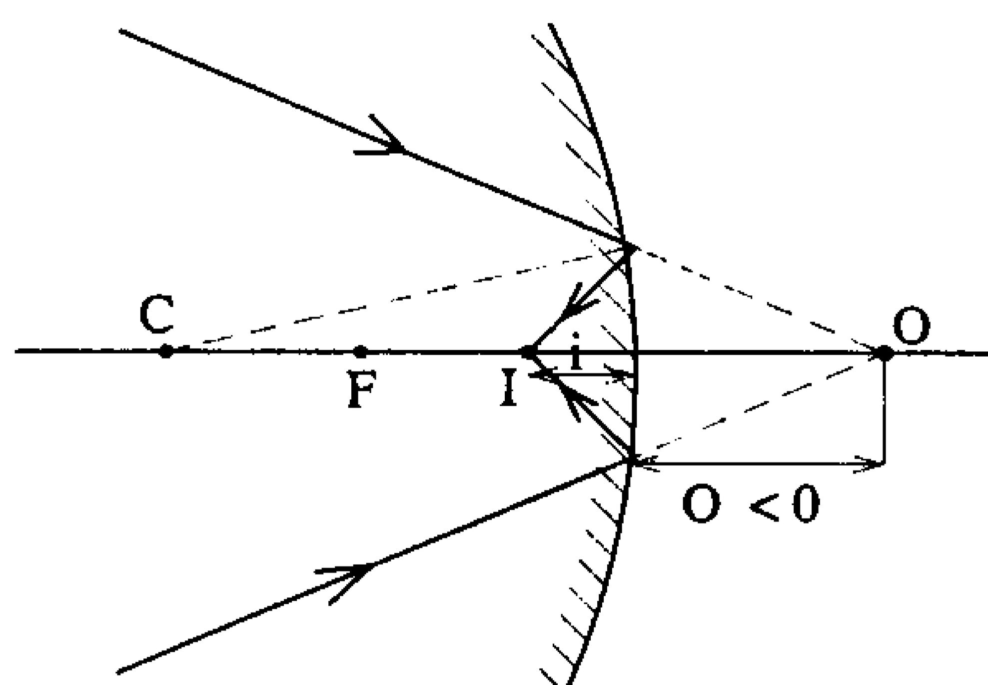
$$\begin{cases} i = -O \Rightarrow i > ۰ \\ O < ۰ \end{cases}$$




**۲ـ آینه مقعر**

$O < ۰ \Rightarrow O = -|O|$ و $f > ۰$

$$\frac{۱}{O}+\frac{۱}{i}=\frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{i}=-\frac{۱}{O}+\frac{۱}{f}=-\frac{۱}{-|O|}+\frac{۱}{f}=\frac{۱}{|O|}+\frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{i}>۰ \Rightarrow i>۰$$

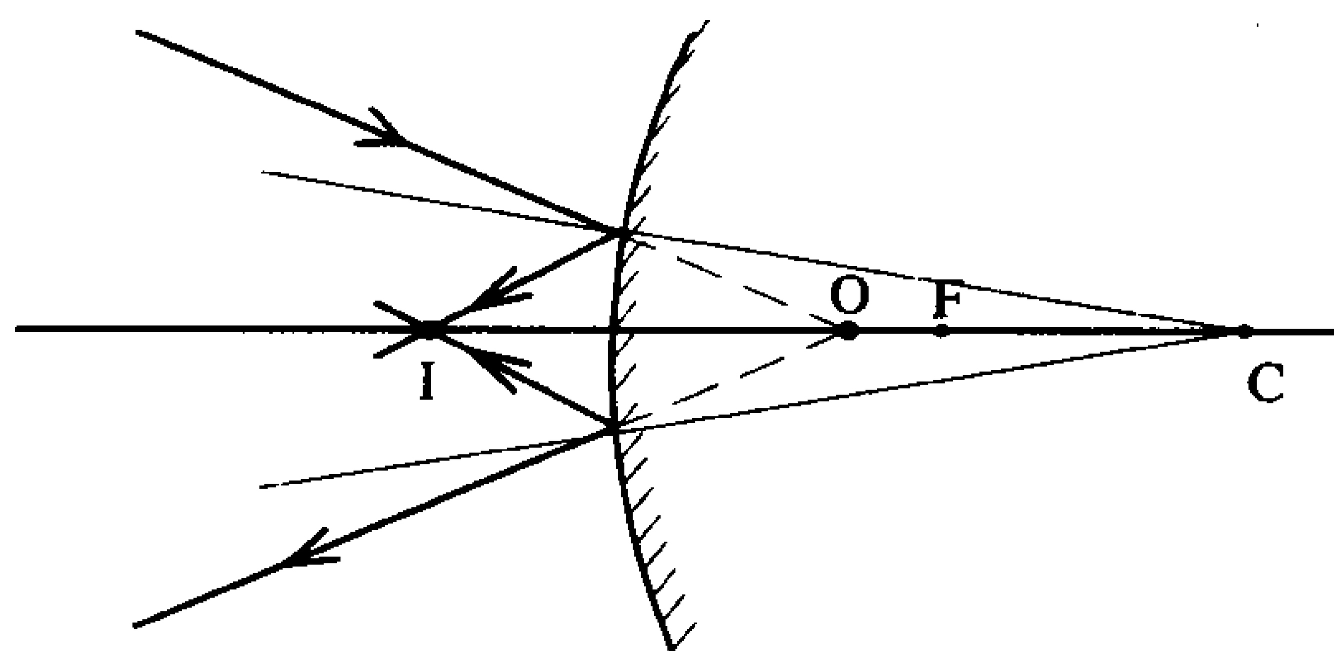



**۳ـ آینه محدب**

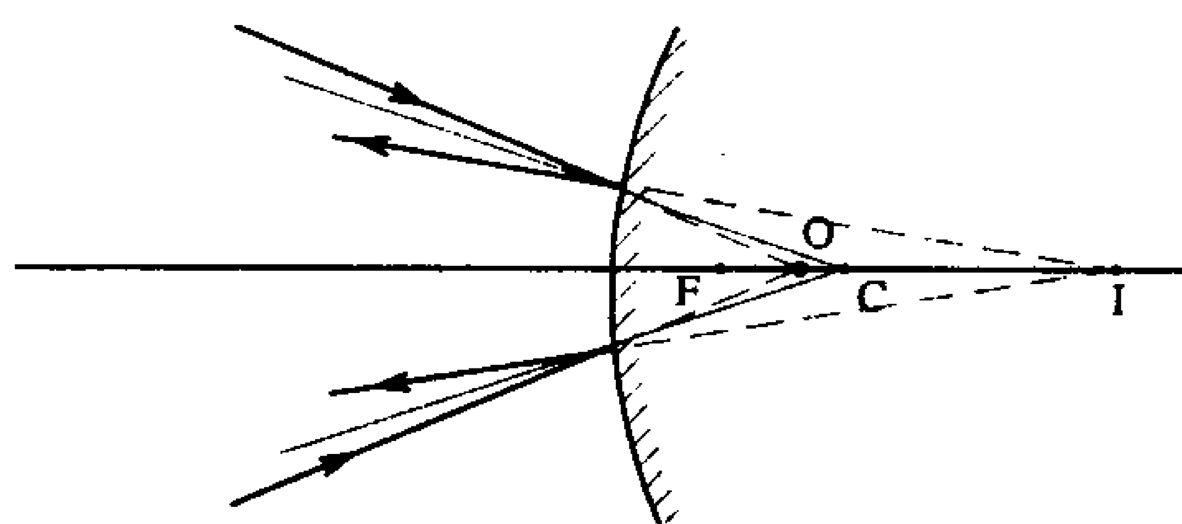
$O < ۰ \Rightarrow O = -|O|$ و $f < ۰ \Rightarrow f = -|f|$

$$\frac{۱}{i}=-\frac{۱}{O}+\frac{۱}{f} \Rightarrow =-\frac{۱}{-|O|}+\frac{۱}{-|f|}=\frac{۱}{|O|}-\frac{۱}{|f|} \Rightarrow i=\frac{|O||f|}{|f|-|O|}$$

**الف)** اگر $|O| < |f|$ باشد آینه محدب از جسم مجازی تصویر حقیقی می‌دهد.

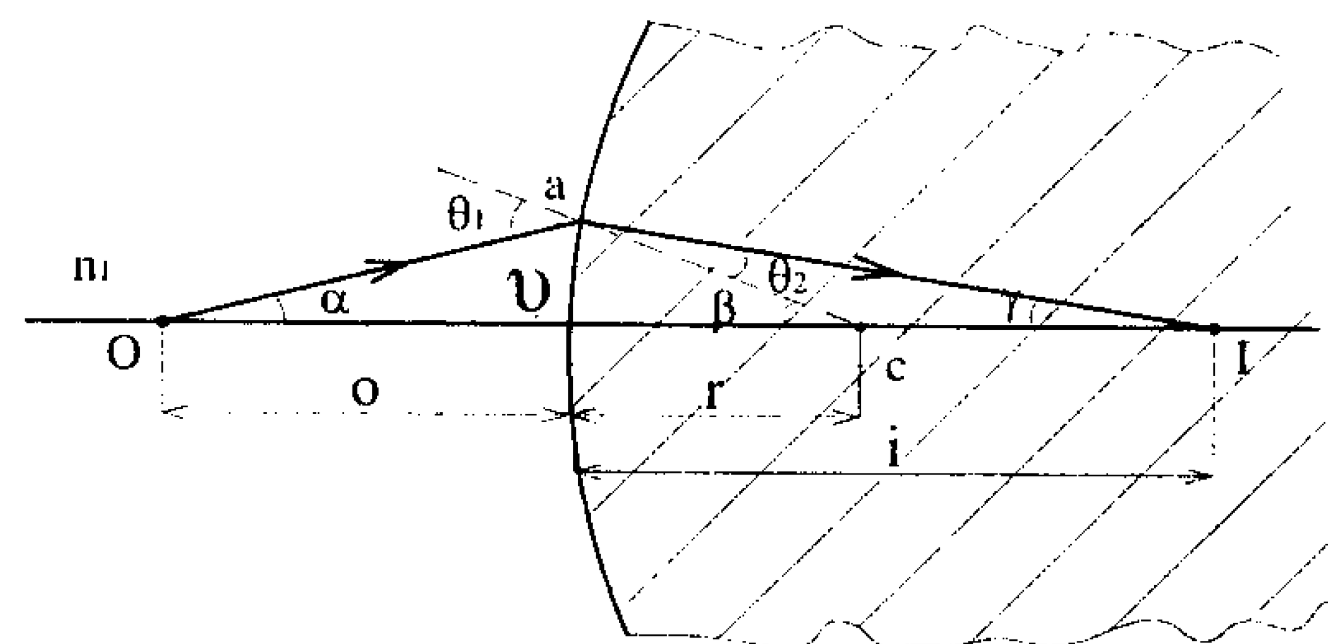



**ب)** اگر $|O| > |f|$ باشد آینه محدب از جسم مجازی تصویر مجازی می‌دهد.



## ۶- ۳ سطح شکاننده کروی

سطح شکاننده کروی (دیوپتر کروی) سطح کروی میان دو محیط با ضریب شکست متفاوت $n_1$ و $n_2$ است. با توجه به شکل زیر رابط میان فاصله جسم تا سطح کروی (O) و فاصله تصویر تا سطح کروی (i) و شعاع انحنای سطح کروی را به دست می‌آوریم.




پرتوها را نزدیک به محور (پیرامحوری) در نظر می‌گیریم، در این صورت زوایا بسیار کوچک هستند و چون کمان av بسیار کوچک است می‌توان فرض کرد $\alpha = \frac{av}{O}$

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \Rightarrow n_1\theta_1 = n_2\theta_2 \Rightarrow \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}\theta_2$$

$$\alpha = \frac{av}{O}, \beta = \frac{av}{r}, \gamma = \frac{av}{i}$$

$$\begin{cases} \theta_1 = \alpha + \beta \Rightarrow \frac{n_2}{n_1}\theta_2 = \alpha + \beta \\ \beta = \theta_2 + \gamma \Rightarrow \beta - \gamma = \theta_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \beta - \gamma = \frac{n_1}{n_2}(\alpha + \beta) \Rightarrow n_1\alpha + n_2\gamma = (n_2 - n_1)\beta$$

بنابراین :

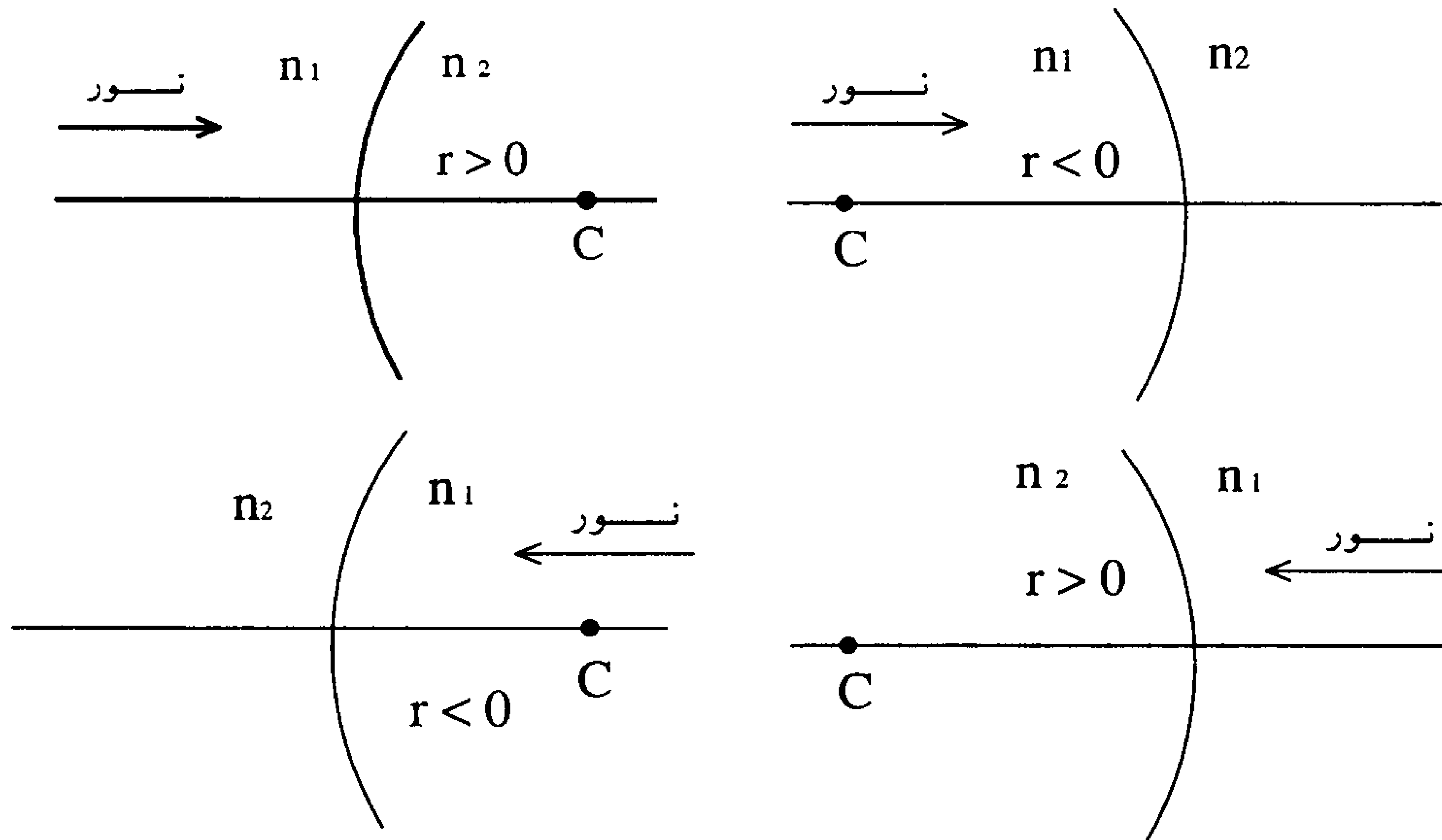
$$\frac{n_1}{O} + \frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

این‌که تصویر ناشی از جسم حقیقی O ، مجازی است و یا حقیقی، بستگی به مقادیر $n_1$ و $n_2$ و تحدب و یا تقعر سطح دارد.

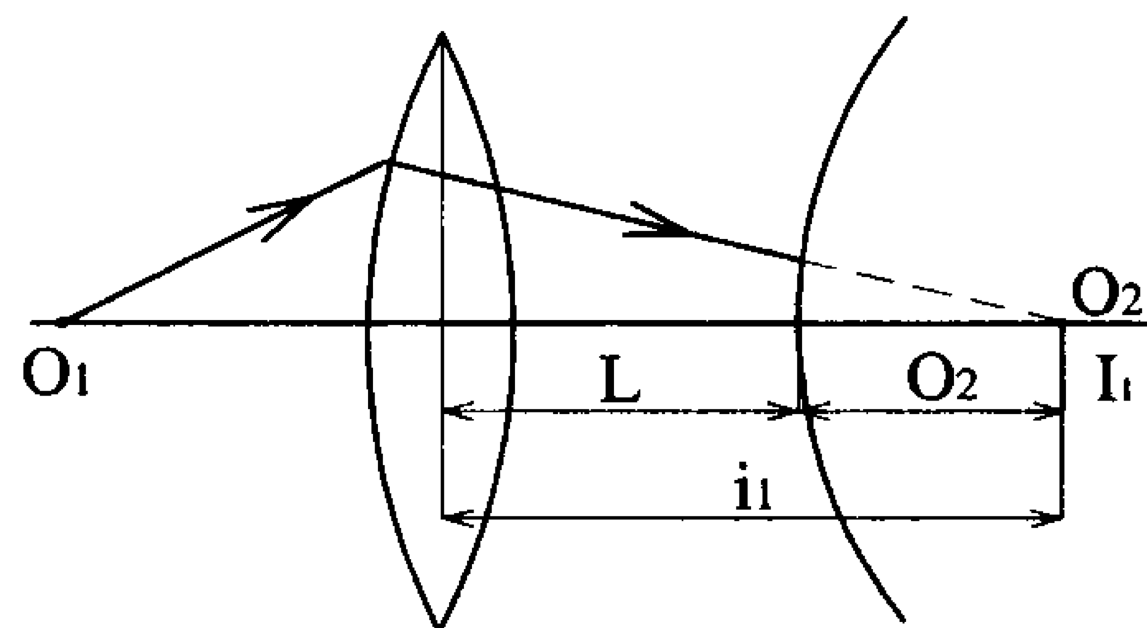
**قرارداد**

**۱ـ** سمتی که جسم قرار دارد و نور از آن به سمت سطح شکاننده می‌تابد را طرف ۱ و با ضریب شکست $n_1$ می‌گیریم، اگر تصویر در طرف مقابل ($n_2$) بیافتد (طرف حقیقی) تصویر حقیقی و $i > 0$ است و اگر تصویر در طرف (۱) یعنی در طرف جسم (طرف مجازی) افتاد تصویر مجازی و $i < 0$ است.

**۲ــ** شعاع انحنا مثبت است اگر مرکز انحنا سطح در طرف حقیقی باشد و اگر در طرف مجازی باشد شعاع انحنا منفی است.




**۳ــ** اگر یک جسم را در برابر سطح شکاننده کروی قرار داده‌ایم که مسلماً حقیقی است. $O > ۰$ اما اگر جسم مجازی باشد $O < ۰$ است.



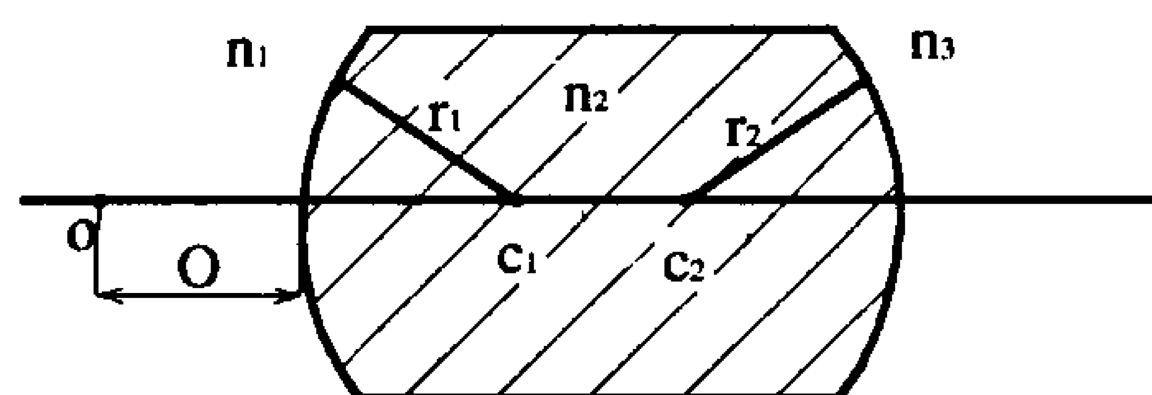

$$O_۲ = L - i_۱ < ۰$$

در این حالت $O_۲$ برای سطح شکاننده یک جسم مجازی است.

## ۷- ۳ عدسی ضخیم

یک عدسی از دو سطح شکاننده کروی تشکیل شده است. اگر فاصله جسم تا سطح اول O و فاصله تصویر آن ($I'$) تا سطح اول $i'$ باشد داریم :

$$\frac{n_۱}{O} + \frac{n_۲}{i'} = \frac{n_۲ - n_۱}{r_۱}$$



که $r_1$ شعاع سطح شکاننده اول است. اگر L فاصله میان دو سطح باشد تصویر $I'$ به عنوان شئ $O'$ برای سطح دوم است و $O' = L - i'$ (اگر $O' > 0$ باشد جلوی سطح دوم افتاده و شئ حقیقی است و اگر $O' < 0$ در پشت سطح دوم افتاده و مجازی است). برای به دست آوردن i فاصله تصویر نهایی (I) تا سطح دوم داریم :

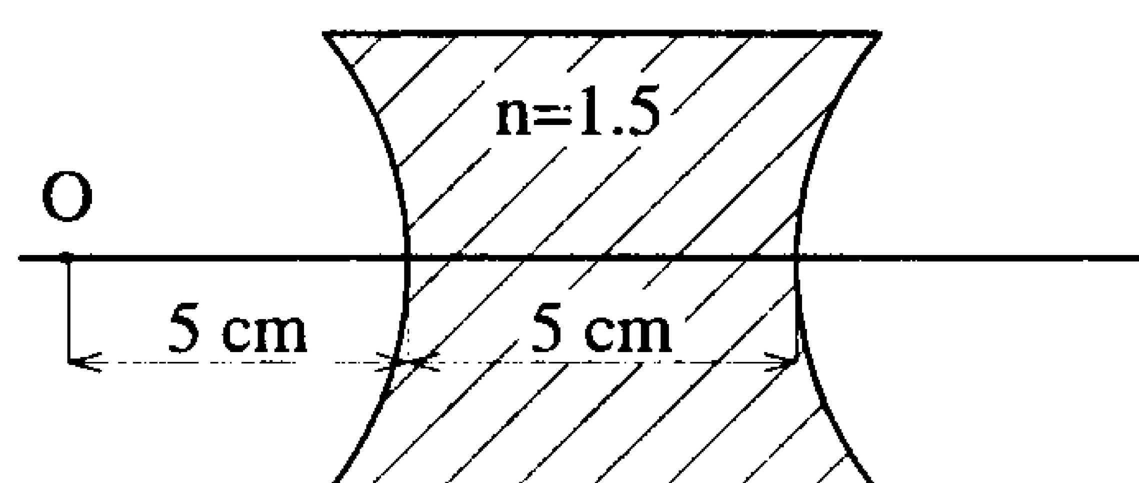
$$\frac{n_2}{O'} + \frac{n_3}{i} = \frac{n_3 - n_2}{r_2}$$

معمولاً $n_1 = n_3$ و اگر عدسی در هوا قرار گرفته باشد $n_3 = n_2 = 1$ .

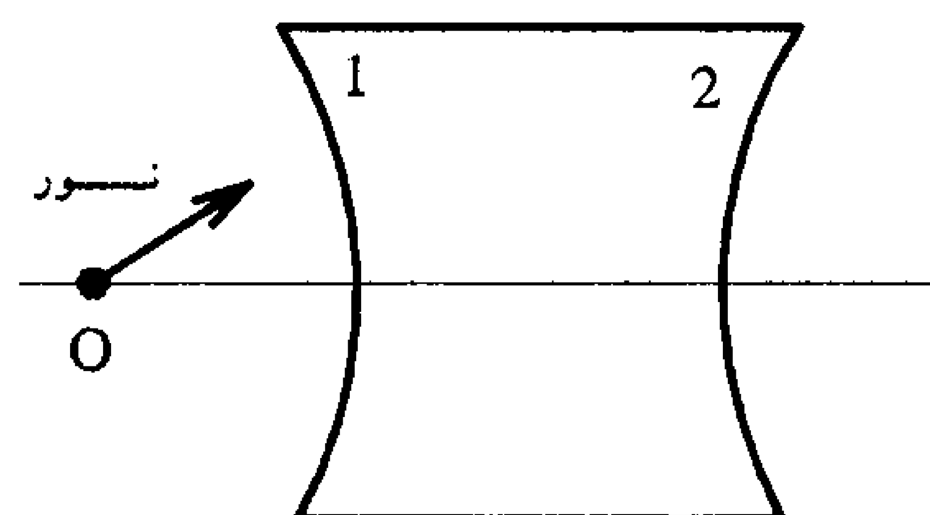
ـ اگر تصویر پس از سطح دوم بیافتد تصویر حقیقی ($i > 0$) و اگر تصویر قبل از سطح دوم بیافتد تصویر مجازی است $i < 0$ .

ـ برای تعیین علامت شعاعهای $r_1$ و $r_2$ مثل قبل عمل می‌کنیم. به عنوان مثال در شکل بالا $r_1 > 0$ و $r_2 < 0$ است.

**مثال**) نوع تصویر و فاصله آن از سطح دوم عدسی زیر را به دست آورید. شعاع انحنا هر دو طرف ۱۰ سانتیمتر است.




**پاسخ**) عدسی در هوا قرار دارد و $n_1 = n_3 = 1$ و $n_2 = 1/5$




$r_1 = -10$ Cm و $r_2 = +10$ Cm و $L = 5$ Cm

تصویر در سطح اول $\frac{1}{5} + \frac{1/5}{i'} = \frac{1/5 - 1}{-10}$

$$\Rightarrow \frac{1/5}{i'} = \frac{-1}{20} - \frac{1}{5} \Rightarrow i' = -6Cm$$

بنابراین تصویر O در سطح ۱ یک تصویر مجازی و در ۶ Cm طرف چپ (در طرف جسم یعنی طرف مجازی) قرار دارد. اما این تصویر به عنوان شئ برای سطح دوم یک شئ حقیقی است.

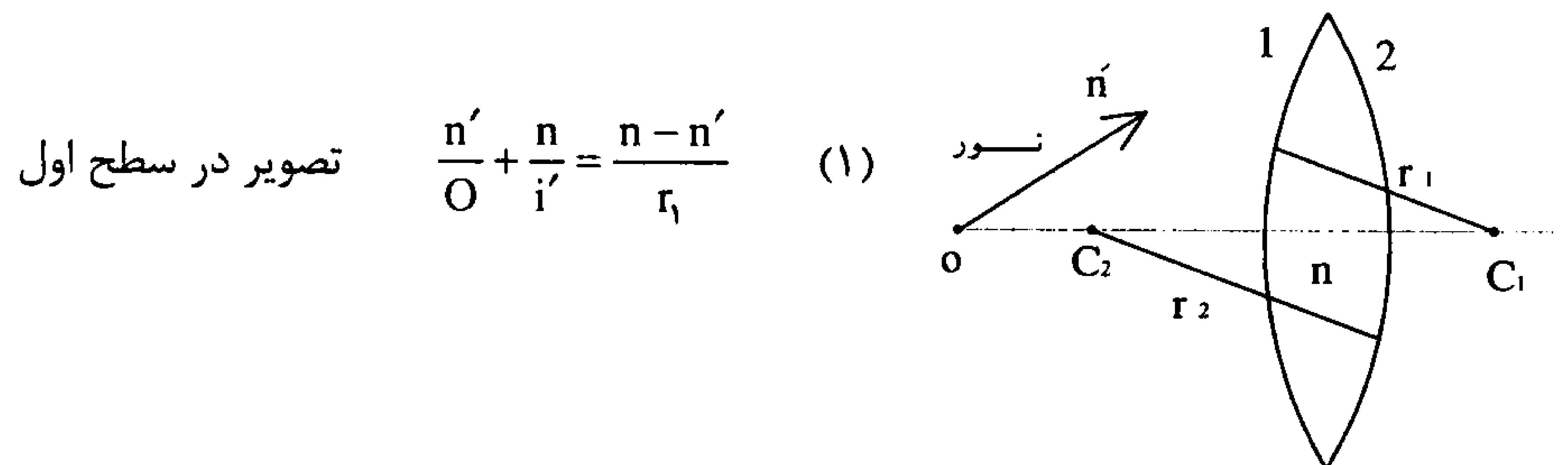
$O' = L - i' = 5 - (-6) = +11$ Cm

$$\frac{1/5}{11} + \frac{1}{i} = \frac{1 - 1/5}{10} \Rightarrow \frac{1}{i} = \frac{-1}{20} - \frac{1/5}{11} \Rightarrow i = -5/36\,Cm$$

بنابراین تصویر مجازی و در ۵/۳۶ Cm سمت چپ سطح دوم و یا در ۰/۳۶ Cm سمت چپ سطح اول قرار دارد.

## ۸- ۳ عدسی نازک

در عدسی نازک L فاصله میان دو سطح شکاننده کروی به قدری کم است که از آن صرف نظر می‌کنیم. یک عدسی نازک به ضریب شکست n و شعاع انحناء $r_1$ و $r_2$ در محیطی با ضریب شکست $n'$ در نظر می‌گیریم سطح ۱ را سطحی انتخاب کردیم که نور آمده از جسم ابتدا به آن سطح برخورد می‌کند.




$$\frac{n'}{O}+\frac{n}{i'}=\frac{n-n'}{r_1} \quad (۱)$$ تصویر در سطح اول

$I'$ را به عنوان شئ برای سطح دوم می‌گیریم : $(L \approx ۰)$

$O' = L - i' \approx -i'$

$$\frac{n}{(-i')}+\frac{n'}{i}=\frac{n'-n}{r_2} \quad (۲)$$ تصویر در سطح دوم

از جمع دو رابطه (۱) و (۲) داریم :

$$\frac{n'}{O}+\frac{n'}{i}=(n-n')(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$$

اگر عدسی نازک در هوا باشد $(n' = 1)$ :

$$\frac{1}{O}+\frac{1}{i}=(n-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$$

O فاصله جسم و i فاصله تصویر نهایی از مرکز عدسی است. این معادله وقتی صدق می‌کند که پرتوها پیرامحوری بوده و L به قدری کوچک باشد که فرقی نکند که O و i نسبت به کدام سطح اندازه‌گیری می‌شوند.

### فاصله کانونی

اگر $O = \infty$ باشد مکان تصویر را کانون عدسی می‌گوییم (F) . و فاصله آن را از مرکز عدسی فاصله کانونی عدسی می‌نامیم.

$$O=\infty \Rightarrow i=f \Rightarrow \frac{1}{\infty}+\frac{1}{f}=\frac{1}{f}=(n-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$$

$$\frac{1}{f}=(n-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$$ (فرمول عدسی‌سازان)

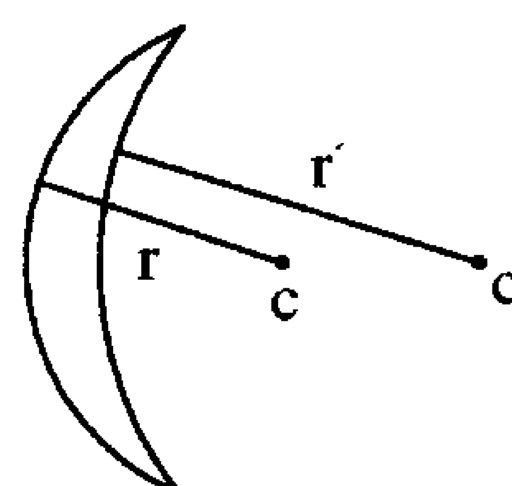
**نکته :** مشخص است هر چه ضریب شکست عدسی برای طول موج خاص بیشتر باشد فاصله کانونی آن طول موج کمتر است.

$n \uparrow \Rightarrow f \downarrow$

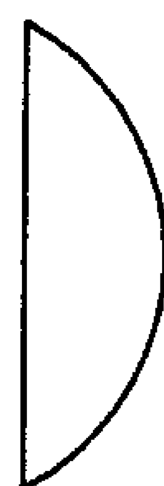
## عدسی همگرا

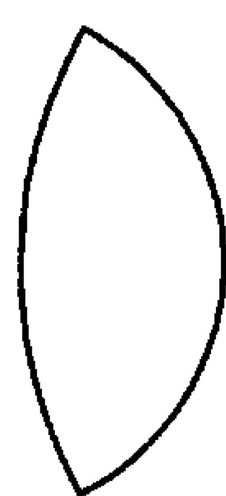
اگر $f > ۰$ باشد عدسی همگرا است. پرتوهای موازی با محور اصلی پس از عبور از عدسی در نقطه‌ای بر محور اصلی که همان کانون اصلی عدسی همگرا است جمع می‌شوند.

سه نوع عدسی همگرا عبارتند از :

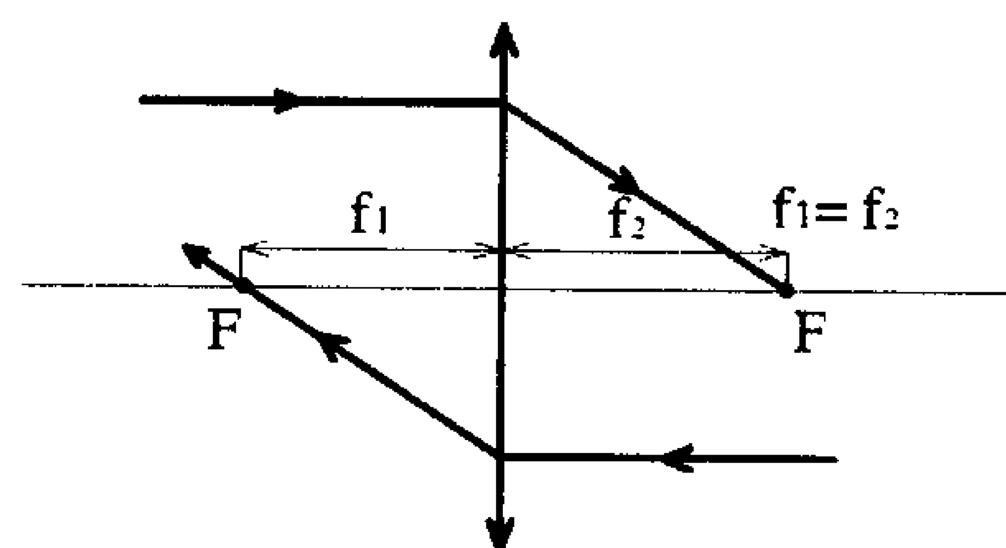


هلالی $(r' > r)$


تخت محدب


محدب‌الطرفین

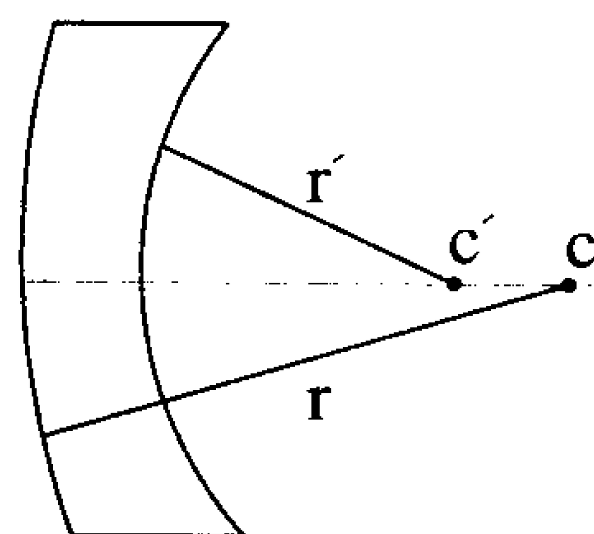
هر سطح را که سطح ۱ و دیگری را سطح ۲ بگیریم نتیجه یکی خواهد بود. به عبارتی فاصله کانونی در دو طرف عدسی با هم برابر است.



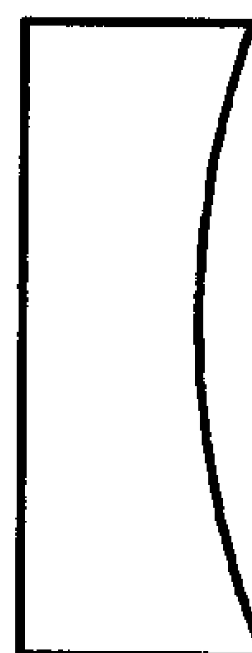

## عدسی واگرا

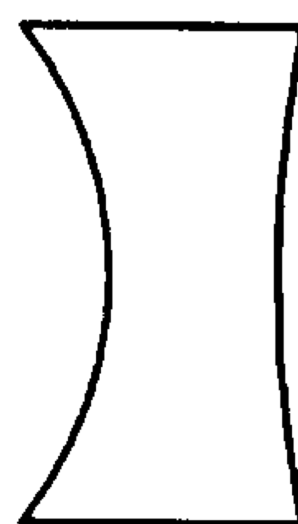
اگر $f < ۰$ باشد عدسی واگراست. پرتوهای موازی با محور اصلی پس از عبور از عدسی به گونه‌ای واگرا می‌شوند که گویا از نقطه بر روی محور اصلی که همان کانون اصلی عدسی است آمده‌اند.

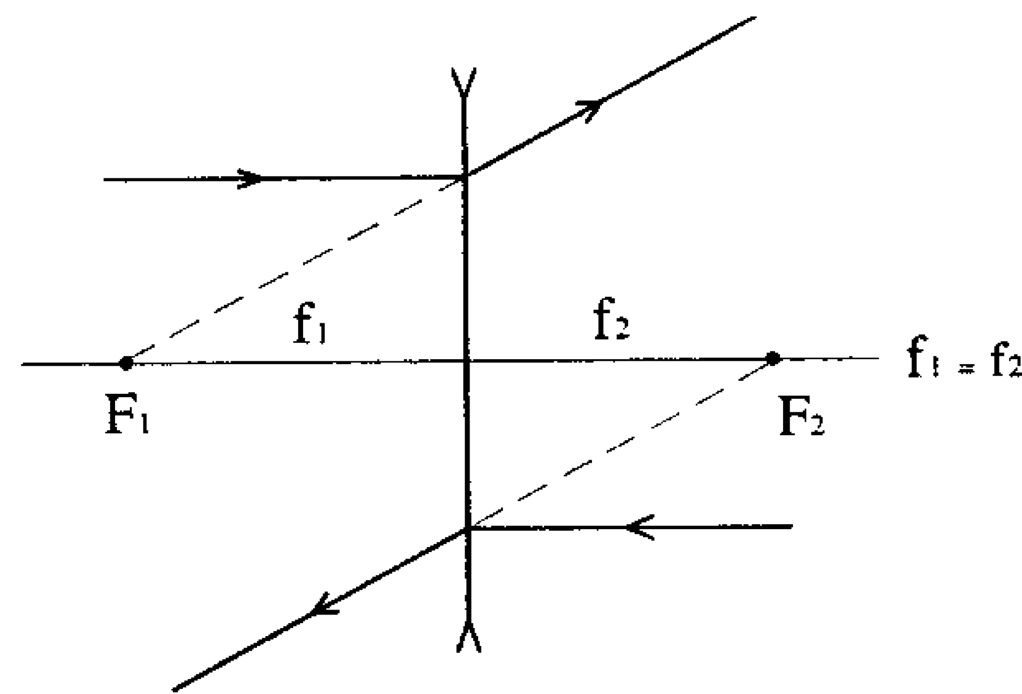
سه نوع عدسی همگرا عبارتند از :



هلالی $(r > r')$


تخت مقعر

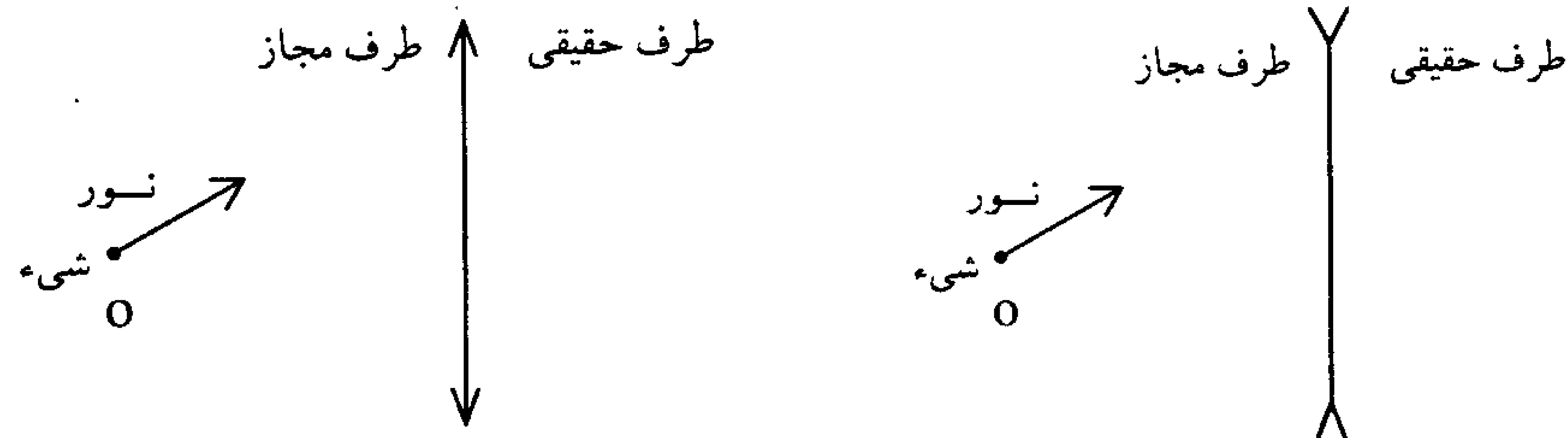

مقعرالطرفین




بنابراین قراردادهای زیر را برای علامت‌ها داریم :

**۱ــ** برای عدسی همگرا $f > 0$ و برای عدسی واگرا $f < 0$ است (البته برای $r_1$ و $r_2$ در فرمول عدسی‌سازان مانند قبل در مورد عدسی ضخیم عمل می‌کنیم).

**۲ــ** اگر تصویر حقیقی باشد $i > 0$ بوده و در طرف حقیقی است و اگر تصویر مجازی باشد $i < 0$ بوده و در طرف مجاز است.




**۳ــ** اگر شیٔ حقیقی باشد (پرتوها به صورت واگرا از جسم به طرف عدسی می‌روند) O مثبت است و اگر شیٔ مجازی باشد (پرتوها به صورت همگرا به عدسی برخورد می‌کنند) O منفی است.

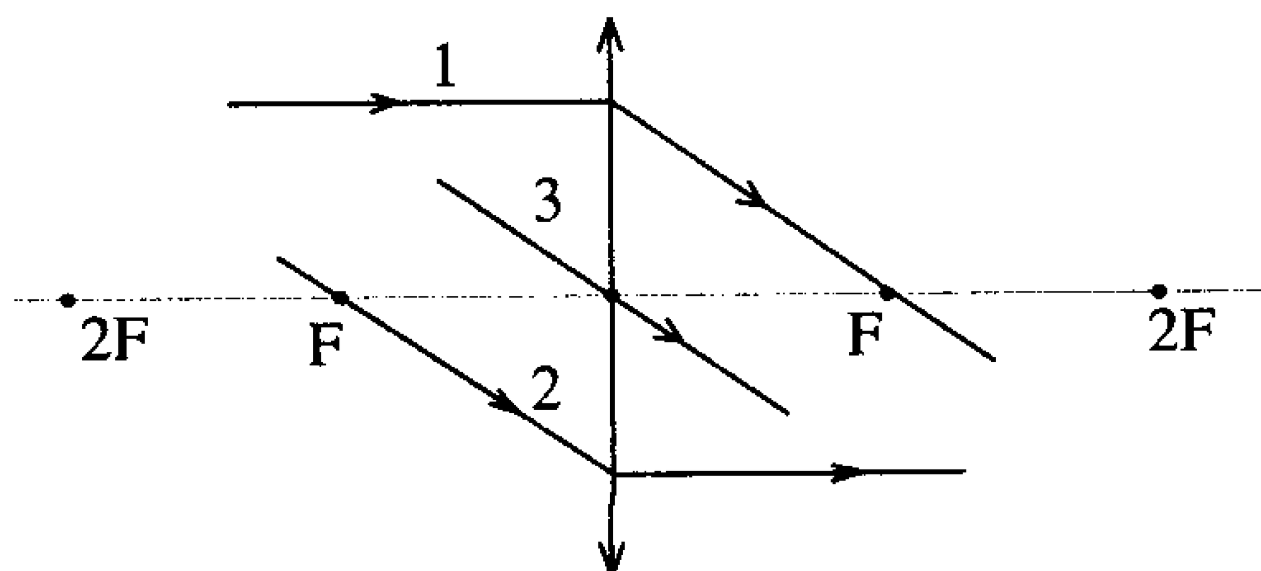
**بزرگنمایی** $m = \frac{-i}{O}$ بزرگنمایی

## ۹- ۳ رسم پرتوها

برای رسم تصاویر می‌توان از رسم پرتوهایی که از کانون اصلی، مرکز عدسی آمده‌اند و یا از پرتوهایی که موازی با محور اصلی به سمت عدسی می‌آیند استفاده کرد.

### الف) عدسی همگرا

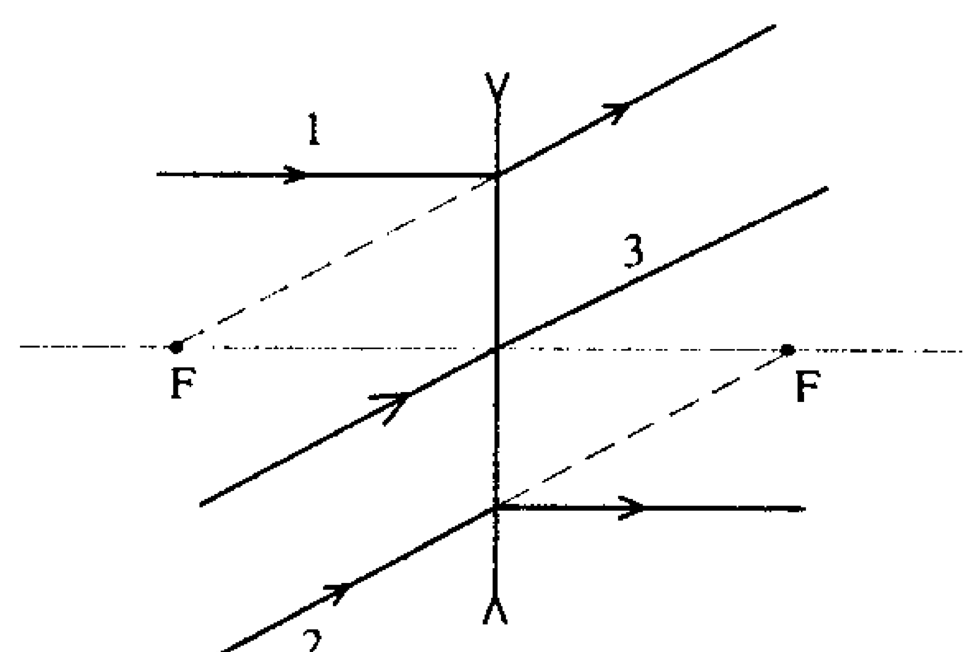
**۱ــ** پرتویی که از بی‌نهایت و موازی با محور اصلی به عدسی برخورد می‌کند، پس از عبور از کانون اصلی عدسی می‌گذرد.
$(O = \infty \Rightarrow i = f)$



۲- پرتویی که از کانون اصلی عبور کند پس از عبور از عدسی موازی با محور اصلی خواهد بود. ($o = f \Rightarrow i = \infty$)

۳- پرتویی که از مرکز عدسی بگذرد بدون انحراف عبور می‌کند.

**ب ) عدسی واگرا**




۱- پرتویی که از بی نهایت و موازی با محور اصلی آمده است پس از عبور از عدسی به گونه‌ای از محور اصلی دور می‌شود که گویا از کانون اصلی در جلوی عدسی آمده است.

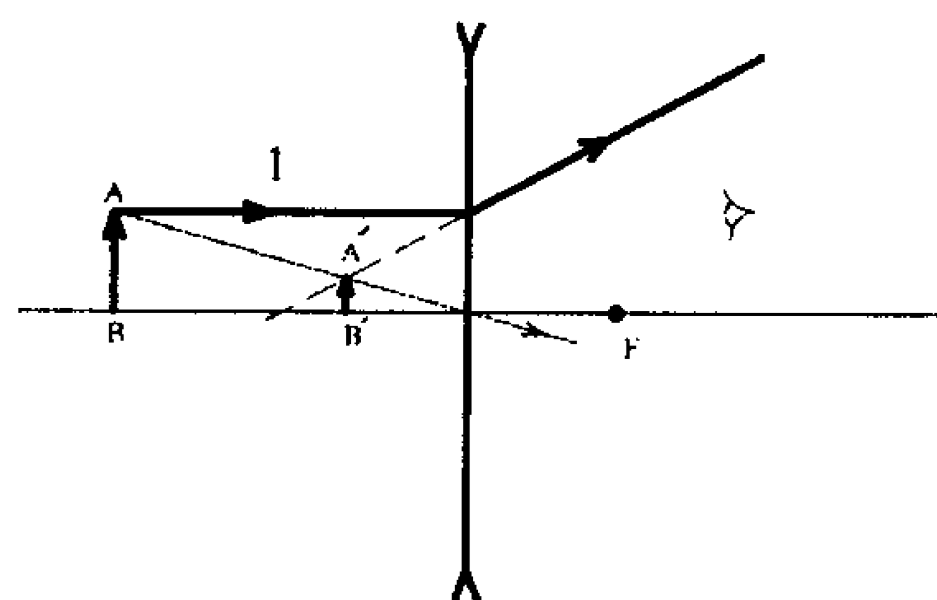
۲- پرتویی که به سمت کانون اصلی در پشت عدسی می‌رود پس از خروج موازی با محور اصلی خواهد بود.

۳- پرتویی که از مرکز عدسی می‌گذرد بدون انحراف عبور می‌کند.

## ۱۰- ۳ خصوصیات تصاویر

ابتدا به بررسی تصویر ناشی از شئ حقیقی می‌پردازیم.

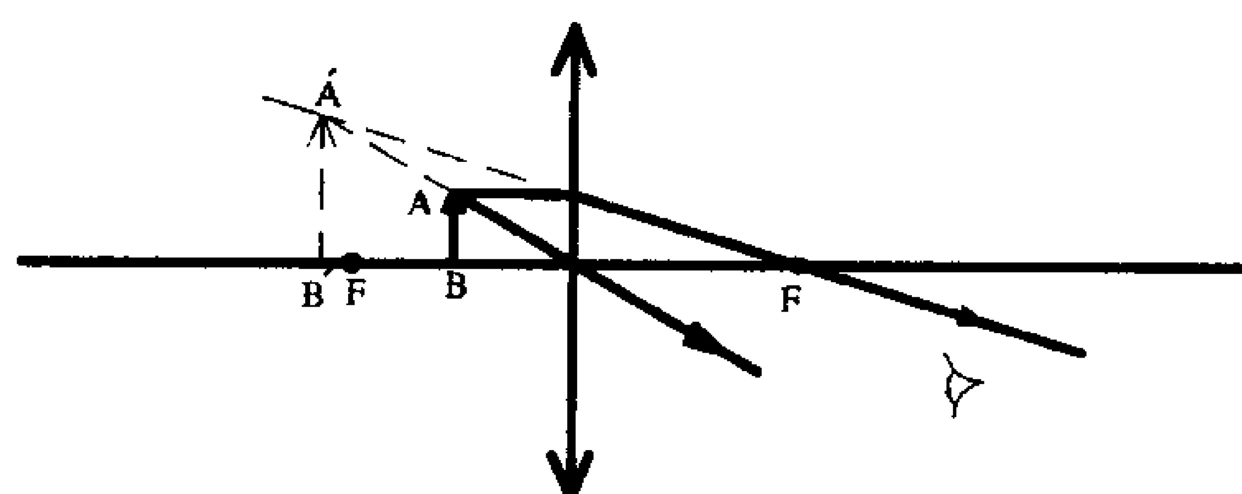
**الف)** در عدسی واگرا، تصویر مجازی، مستقیم، کوچکتر و همیشه در فاصله کانونی تشکیل می‌شود. $i < ۰ \Rightarrow m = \frac{-i}{O} > ۰$




**ب)** تصویر ناشی از یک جسم حقیقی در عدسی همگرا بسته به مکان جسم ممکن است حقیقی یا مجازی باشد.

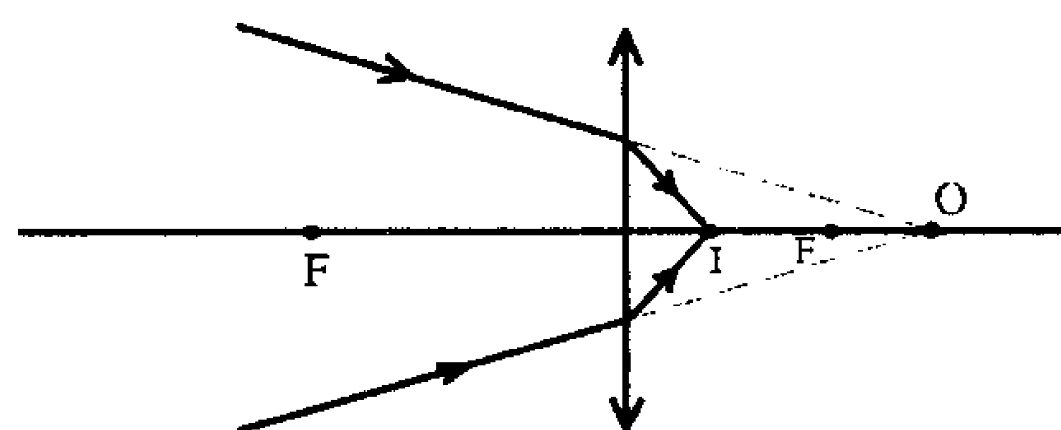
در حالتی که $O < f$ است تصویر مجازی، مستقیم و بزرگتر است ($i < ۰$).

$m > ۱$ و $m = -\frac{i}{O} > ۰$




در بقیه حالات تصویر حقیقی و وارون است، $i > ۰$ بود و $m < ۰$ است. بررسی بزرگی و یا کوچکی تصویر نسبت به شئ و مکان آن را در حالات مختلف به عهده خواننده می‌گذاریم.

حال به بررسی تصویر یک شئ مجازی می‌پردازیم.




**الف) در عدسی همگرا ($f > 0$)**

عدسی همگرا از یک شئ مجازی (پرتو همگرا) یک تصویر حقیقی می‌دهد.

$$O < 0 \Rightarrow O = -|O| \Rightarrow \frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-|O|} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{i} = \frac{1}{|O|} + \frac{1}{f} \Rightarrow i > 0$$

**ب) در عدسی واگرا ($f < 0$)**

$$f < 0 \Rightarrow f = -|f| \text{ و } O < 0 \Rightarrow O = -|O|$$

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{O} \Rightarrow = \frac{1}{-|f|} - \frac{1}{-|O|} \Rightarrow i = \frac{|O||f|}{|f| - |O|}$$

بنابراین اگر $|O| < |f|$ باشد تصویر حقیقی و اگر $|O| > |f|$ باشد تصویر مجازی است.

## ۱۱- ۳ توان عدسی

توان عدسی نشان‌دهنده توانایی عدسی در همگرایی نور است. هر چه توان عدسی بیشتر باشد فاصله کانونی عدسی کمتر است، به عبارتی نور را در فاصله نزدیکتری از عدسی، متمرکز می‌کند :

توان عدسی $F = \frac{1}{f}$

در معادله توان، f فاصله کانونی بر حسب متر و F برحسب دیوپتر است. توان عدسی واگرا منفی است و هرچه $|f|$ کمتر باشد $|F|$ بیشتر است و چون F منفی است توان کمتری دارد و نشان می‌دهد که نور بیشتر واگرا می‌شود.

**عدسیهای مرکب**

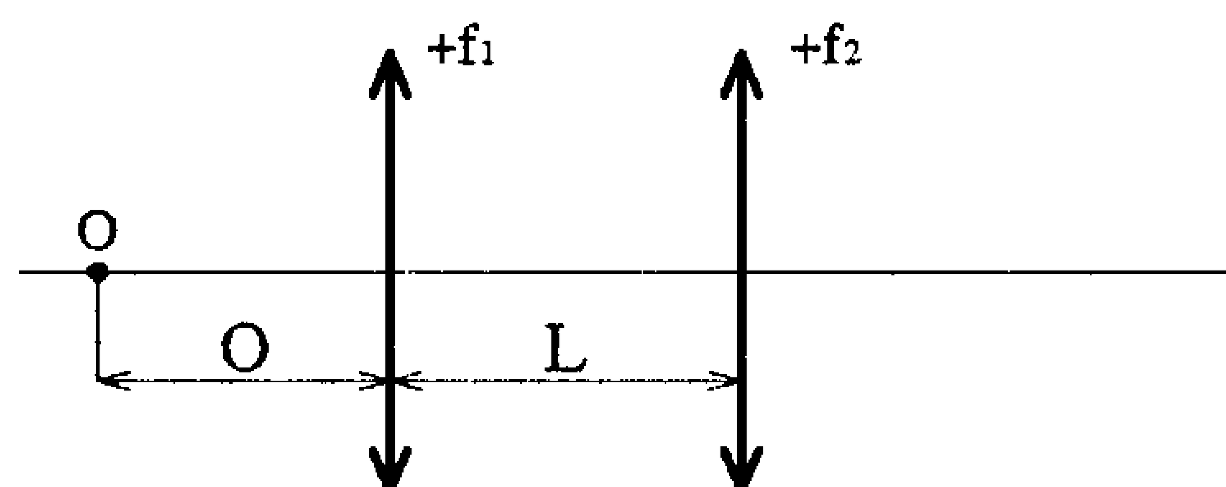
اگر دو عدسی نازک با توان $F_1$ و $F_2$ به هم چسبانده شوند برای عدسی مرکب داریم :

$$F = F_1 + F_2 \quad \text{و} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

## ۱۲- ۳ ترکیب عدسیها

برای به دست آوردن تصویر یک شئ که در مقابل دو یا چند عدسی قرار دارد، ابتدا تصویر شئ را در عدسی اول به دست می‌آوریم، تصویر مذکور شئ جدید برای عدسی دوم است که اگر در جلوی

عدسی دوم باشد حقیقی است و اگر در پشت عدسی دوم باشد مجازی است. به عنوان مثال در شکل تصویر شئ O را که به فاصله O از عدسی اول با فاصله کانونی $f_1$ است به دست می‌آوریم :




تصویر در عدسی اول $\frac{1}{O}+\frac{1}{i'}=\frac{1}{f_1} \Rightarrow$ به دست می‌آید $i'$

(تصویر $I'$ به عنوان شئ برای عدسی دوم) $O' = L - i'$

$$\frac{1}{O'}+\frac{1}{i}=\frac{1}{f_2}$$

i فاصله تصویر نهایی (یعنی I) از عدسی دوم است. اگر تصویر حقیقی باشد $i > 0$ و تصویر نهایی پس از عدسی دوم است و اگر تصویر مجازی باشد $i < 0$ و تصویر نهایی قبل از عدسی دوم است.

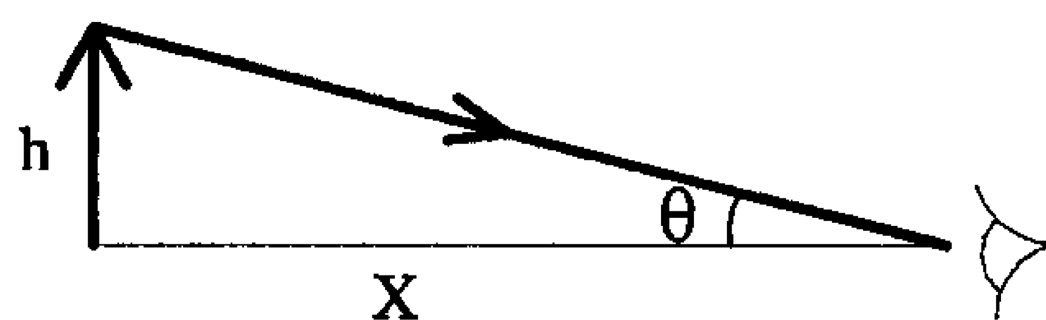
## ۱۳- ۳ اسبابهای اپتیکی

چند دستگاه اپتیکی ساده را بررسی می‌کنیم.

**الف) ذره‌بین ساده**

جسمی با ارتفاع h که در فاصله x از چشم ما قرار دارد تحت زاویه $\theta \approx \frac{h}{x}$ دیده می‌شود.

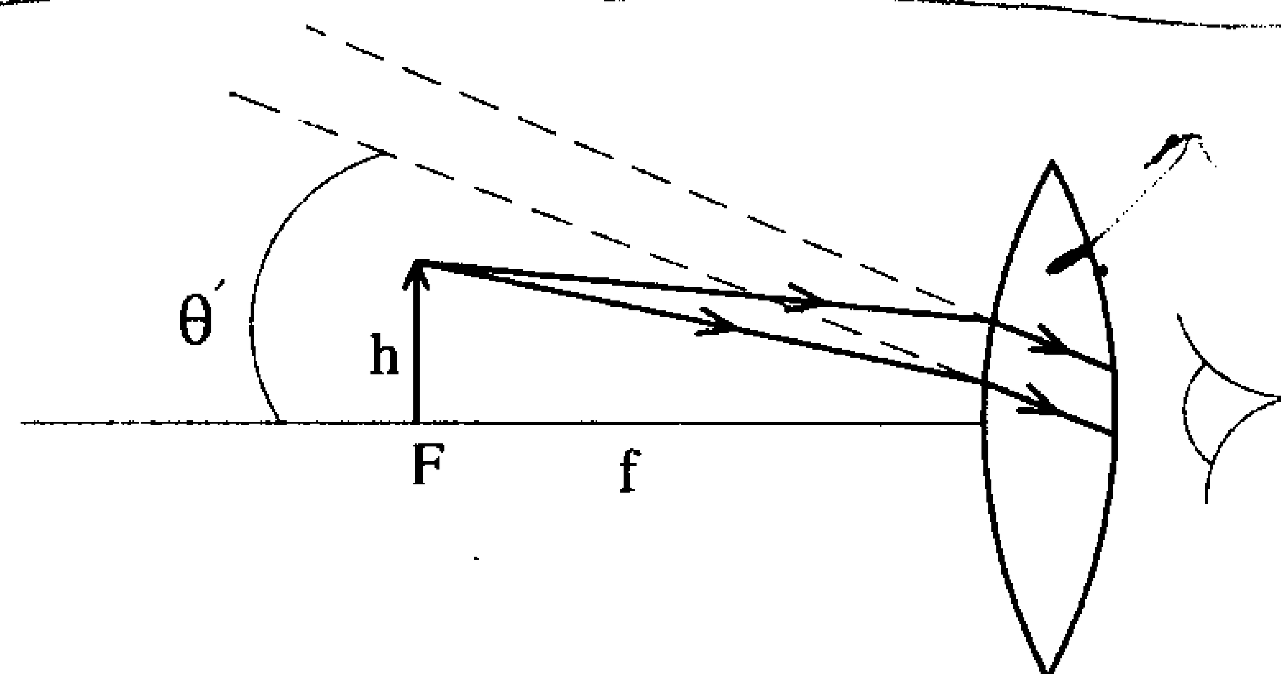
نزدیکترین فاصله جسم از چشم که واضح دیده می‌شود (معمولاً $x = 25\ Cm$) است.




حال اگر از پشت ذره‌بین به جسم نگاه کنیم و جسم را در کانون عدسی قرار دهیم تصویری را مشاهده می‌کنیم که در بی‌نهایت است و تحت زاویه $\theta'$ دیده می‌شود.

$\theta' \approx \frac{h}{f}$

بزرگنمایی زاویه‌ای $m_\theta = \frac{\theta'}{\theta} \cong \frac{25\,Cm}{f}$

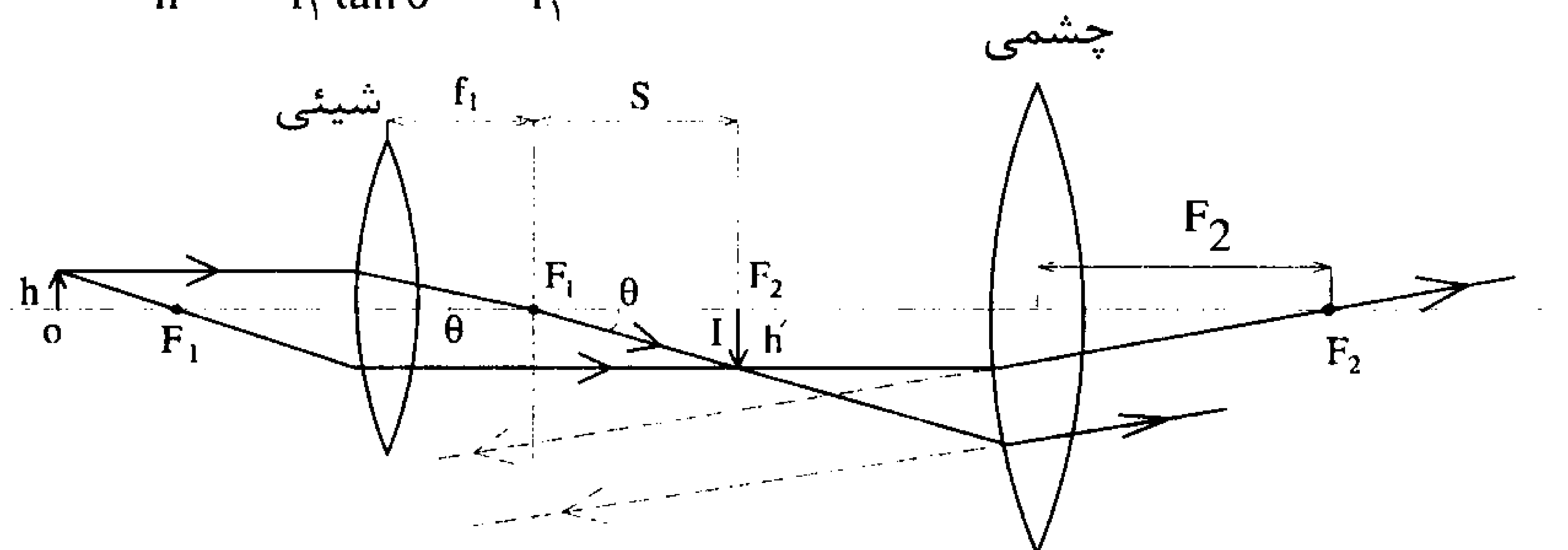


البته ابیراهی عدسی باعث می‌شود که بزرگنمایی عدسیهای همگرا کننده ساده، از چند برابر تجاوز نکند.

### ب) میکروسکوپ

شکل ساده‌ای از میکروسکوپ از دو عدسی تشکیل شده است. عدسی شیئی با فاصله کانونی $f_1$ یک تصویر حقیقی و معکوس به طول $h'$ از شیئی به طول h می‌دهد.

بزرگنمایی $m = \frac{h'}{h} = -\frac{s\tan\theta}{f_1\tan\theta} = -\frac{s}{f_1}$




فاصله s را طوری انتخاب می‌کنیم که تصویر I ناشی از O در عدسی اول روی $F_2$ یعنی کانون عدسی چشمی بیافتد که بزرگنمایی زاویه‌ای عدسی چشمی $m_\theta$ است. بنابراین M بزرگنمایی میکروسکوپ عبارت است از :

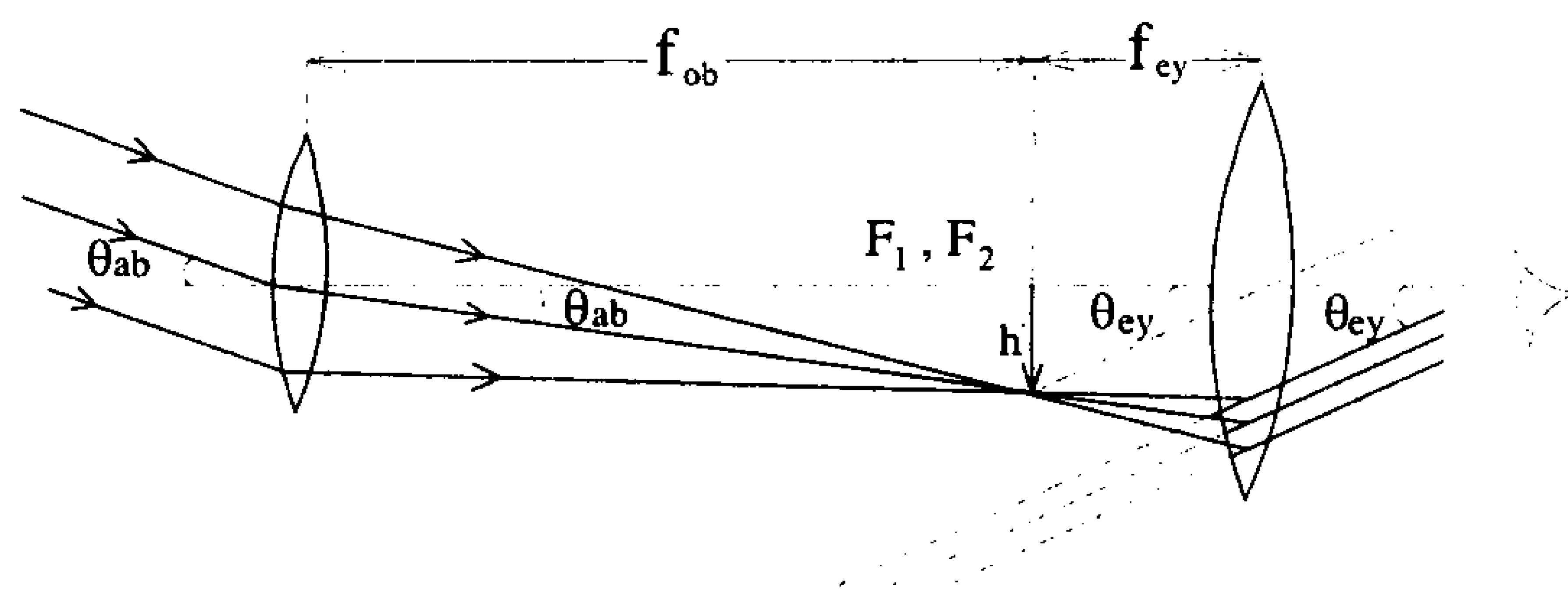
$$M = m \times m_\theta = -\left(\frac{s}{f_1}\right)\left(\frac{25\,\text{Cm}}{f_2}\right)$$

فاصله بین دو کانون

### ج) تلسکوپ

شکل ساده‌ای از یک تلسکوپ شکستی از دو عدسی شیئی و چشمی تشکیل شده است. کانون عدسی شیئی بر روی کانون عدسی چشمی قرار دارد. پرتوهای موازی که از یک شئ دور (مثلاً ستاره) به عدسی شیئی می‌تابند با محور تلسکوپ زاویه $\theta_{ob}$ می‌سازند و یک تصویر حقیقی معکوس در کانون عدسی شیئی ایجاد می‌کنند. با توجه به اینکه این نقطه کانون عدسی چشمی نیز هست، عدسی چشمی تصویری از تصویر مذکور می‌دهد که در بی‌نهایت تشکیل می‌شود. پرتوها مشخص‌کننده این تصویر با محور تلسکوپ زاویه $\theta_{ey}$ می‌دهند.

$$\theta_{ey} = -\frac{h'}{f_{ey}}\ ,\ \theta_{ob} = \frac{h'}{f_{ob}} \Rightarrow m_\theta = \frac{\theta_{ey}}{\theta_{ob}} = -\frac{f_{ob}}{f_{ey}}$$

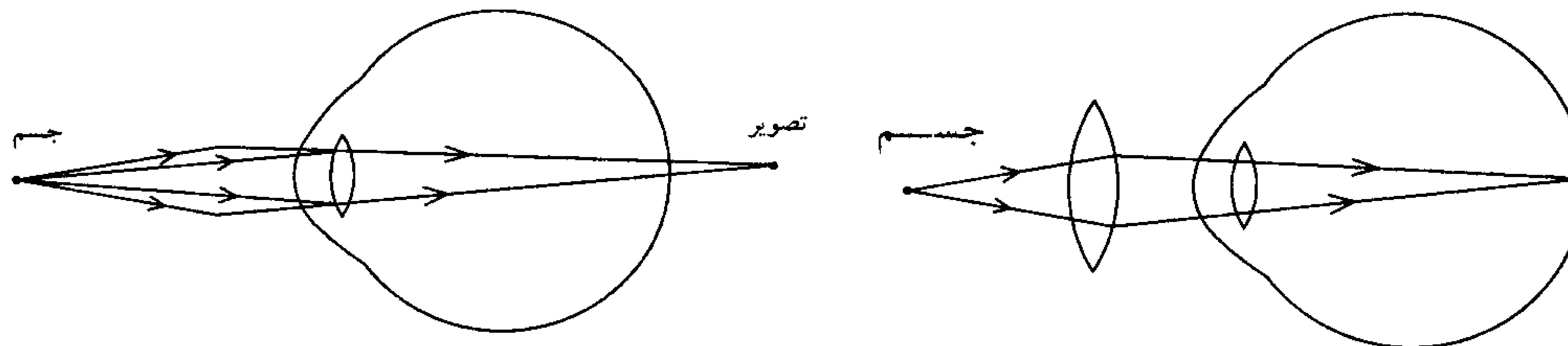


## ۱۴-۳ چشم

میزان فاصله طبیعی دید (با عمل تطابق) از بی‌نهایت تا فاصله ۲۵ سانتیمتری چشم است. برای آنکه یک جسم را به طور واضح ببینیم، اگر جسم دور باشد، فاصله کانونی عدسی چشم زیاد می‌شود (ضخامت عدسی چشم کم می‌شود) تا تصویر بر روی پرده شبکیه بیافتد. اما اگر جسم نزدیک باشد، فاصله کانونی چشم کم می‌شود (ضخامت عدسی چشم زیاد می‌شود) تا تصویر بر پرده شبکیه بیافتد.

### چشم دوربین

در این حالت چشم جسم نزدیک را به خوبی مشاهده نمی‌کند. تصویر جسم نزدیک در پشت شبکیه می‌افتد. بنابراین باید برای چشم یک عینک با عدسی همگرا به کار برد.



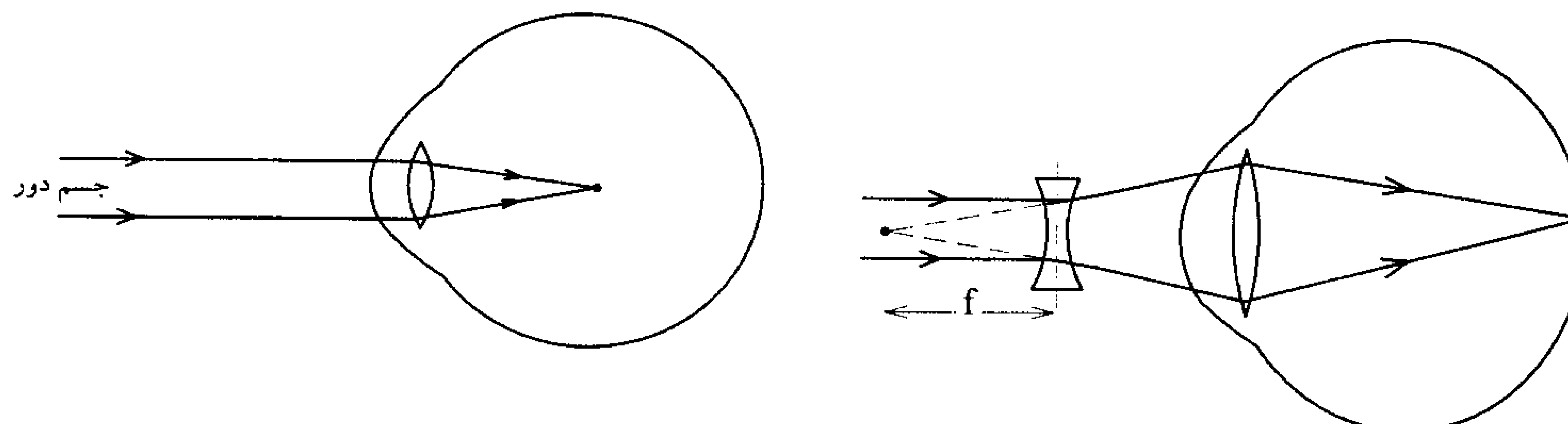

اگر چشم دوربین نتواند جسم نزدیکتر از فاصله L را ببیند و بخواهیم چشم، جسمی را در فاصله p را ببیند، باید برای عینک یک عدسی به کار ببریم که از جسم p یک تصویر در فاصله L بدهد (تصویر مجازی است و q = -L).

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}\Rightarrow\frac{1}{p}+\frac{1}{-L}=\frac{1}{f}\Rightarrow f=\frac{pL}{L-p}$$

به این ترتیب نمره عینک را خواهیم داشت $F=\frac{1}{f}$ (f بر حسب متر و F بر حسب دیوپتر است).

### چشم نزدیک بین

در این حالت چشم، جسم نزدیک را خوب می‌بیند ولی جسم دور را خوب نمی‌بیند. تصویر جسم دور در جلوی شبکیه می‌افتد، بنابراین باید عینکی با عدسی واگرا به کار برد تا تصویر روی پرده شبکیه بیافتد.



به عبارتی عدسی واگرا از جسم در دور دست یک تصویر (مجازی) در کانون خود می‌دهد که این تصویر مجازی در دورترین نقطه قابل مشاهده چشم است.

$|f|$ = دورترین نقطه قابل مشاهده برای چشم $\Rightarrow$ $\frac{۱}{f}$ = نمره عینک و $f = -|f|$

## ۱۵- ۳ پرسشهای چندگزینه‌ای

**۱- با توجه به شکل مقابل برای روشن کردن نقطه B توسط منبع نور A از یک آینه مسطح استفاده می‌کنیم : در این صورت می‌توان گفت :** **(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۸۰)**




۱ــ فقط یکی از شعاعهای بازتابش توسط آینه از B می‌گذرد.

۲ــ کلیه شعاعهای نور که از منبع A به آینه می‌تابد، پس از بازتابش به نقطه B می‌رسد.

۳ــ فقط آن شعاع از بازتابش به B می‌رسد که راستای آن نقطه B را به تصویر منبع A در آینه وصل کند.

۴ــ فقط آن شعاعی پس از بازتابش B می‌رسد که نقطه برخورد آن با آینه در راستای عمودی باشد که از نقطه وسط قطعه خط AB بر آینه فرود آید.

**۲- دو نقطه S و P در مقابل یک آینه مسطح قرار دارند. از نقطه S یک شعاع نور به آینه تابیده بازتاب آن از نقطه P می‌گذرد محل برخورد شعاع تابش با آینه (نقطه تابش) به روش زیر به دست می‌آید.**

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)**

۱ــ از نقاط S و P دو راستا بر آینه عمود می‌کنیم نقطه وسط پای دو عمود را انتخاب می‌کنیم.

۲ــ تصاویر نقاط S و P را نسبت به آینه بدست می‌آوریم محل برخورد عمود منصف S′P′ با آینه نقطه مورد نظر است.

۳ــ تصویر نقطه S را نسبت به آینه به دست می‌آوریم آن را به P وصل می‌کنیم تا آینه را قطع کند.

۴ــ عمود منصف قطعه SP را امتداد می‌دهیم تا آینه را قطع کند.

**۳- آینه تختی به ارتفاع یک متر بر روی دیواری آویزان است شخص به فاصله ۲ متر از این آینه ایستاده است شخص چه ارتفاعی از دیوار پشت سرش را بدون تغییر مکان سرش می‌تواند ببیند ؟ فاصله دیوار از آینه ۴ متر است.** **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)**

۱ــ ۳ متر　　۲ــ ۲ متر　　۳ــ ۴ متر　　۴ــ ۶ متر

**۴- آینه تختی به دیوار اتاقی نصب شده است به طوری که آینه با دیوار قائم زاویه °۲۰ می‌سازد. زاویه بین جسم و تصویر در آینه برابر است با :**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱ــ °۲۰　　۲ــ °۴۰　　۳ــ °۱۴۰　　۴ــ °۷۰

**۵- یک دسته پرتو همگرا به یک آینه مسطح می‌تابد. این دسته پرتو پس از بازتابش از روی آینه :**
**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)**

**۱ــ** تصویر حقیقی تشکیل می‌دهد.
**۲ــ** تصویر مجازی تشکیل می‌دهد.
**۳ــ** هیچ تصویری تشکیل نمی‌دهد.
**۴ــ** دو تصویر یکی حقیقی و یکی مجازی تشکیل می‌دهد.

**۶- یک دندانپزشک آینه دندانپزشکی را در فاصله ۹ میلی‌متری دندان بیمار نگه داشته است. اگر فاصله کانونی آینه ۱۲ میلی‌متر باشد بزرگنمایی آینه در این حالت چقدر است؟**
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)**

**۱ــ** ۲ برابر **۲ــ** ۳ برابر **۳ــ** ۴ برابر **۴ــ** ۵ برابر

**۷- جسمی در مقابل یک آینه کروی تصویری که بزرگی آن سه برابر جسم است ایجاد می‌کند. اگر جسم را در امتداد محور آینه ۶ Cm از آینه دور کنیم، مجدداً تصویری سه برابر جسم ایجاد می‌شود فاصله بین جسم و تصویر در ابتدا چند سانتی‌متر بوده است ؟**
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)**

**۱ــ** ۱۸ **۲ــ** ۱۲ **۳ــ** ۲۴ **۴ــ** ۶

**۸- ناظری در مقابل یک آینه محدب به شعاع R = ۱۲۰ Cm ایستاده است. فاصله ناظر تا رأس آینه ۱۲۰ Cm و چشم ناظر بر روی محور اصلی آینه قرار دارد. مقطع آینه دایره‌ای به شعاع ۴ Cm می‌باشد. میدان آینه مخروطی کدام است ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۵)**

**۱ــ** نصف زاویه راس آن مساوی است با ۰/۱ رادیان
**۲ــ** نصف زاویه راس آن مساوی است با ۰/۰۵ رادیان
**۳ــ** زاویه راس آن مساوی است با ۰/۰۵ رادیان
**۴ــ** زاویه راس آن مساوی است با ۰/۰۱ رادیان

**۹- یک دسته پرتو همگرا به یک آینه محدب می‌تابد این دسته پرتو پس از بازتاب از روی آینه، ......... را تشکیل می‌دهد.**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۸۰)**

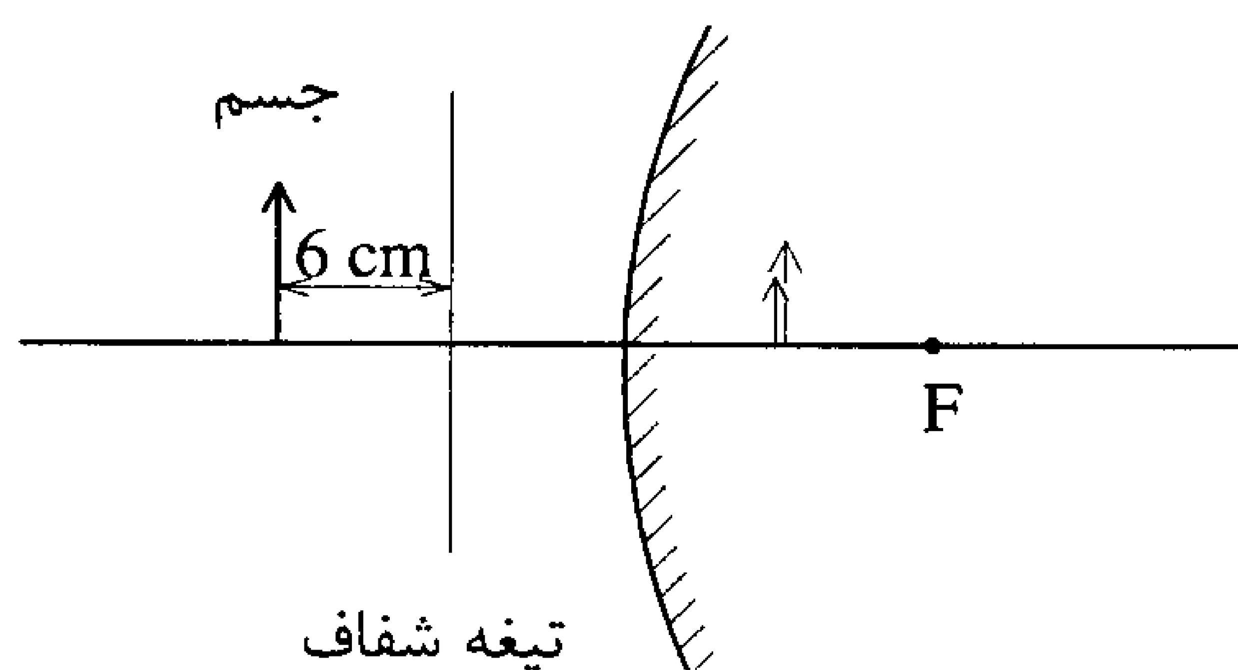
**۱ــ** دو تصویر حقیقی و مجازی **۲ــ** تصویر حقیقی در جلو آینه
**۳ــ** تصویر مجازی و مستقیم در پشت آینه **۴ــ** تصویر مجازی و معکوس در پشت آینه

۱۰ - یک شئ در فاصله ۲۰ سانتی‌متری آینهٔ محدبی که شعاع آن ۱۰ سانتی‌متر است قرار دارد. تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه دیده می‌شود ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۱)**

۱ـ +۴ Cm ۲ـ -۲ Cm ۳ـ +۶ Cm ۴ـ -۴ Cm

۱۱- مطابق شکل مجموعه‌ای شامل یک تیغه شیشه‌ای شفاف و یک آینه محدب با شعاع انحنای ۱۶ Cm را در مقابل یک جسم طوری قرار می‌دهیم تا تصویر مجازی جسم در تیغه و تصویر مجازی جسم در آینه در یک مکان تشکیل شوند. بزرگی تصویر ایجاد شده در آینه نسبت به بزرگی تصویر ایجاد شده در تیغه چقدر است ؟




۱ـ $\frac{۱}{۴}$

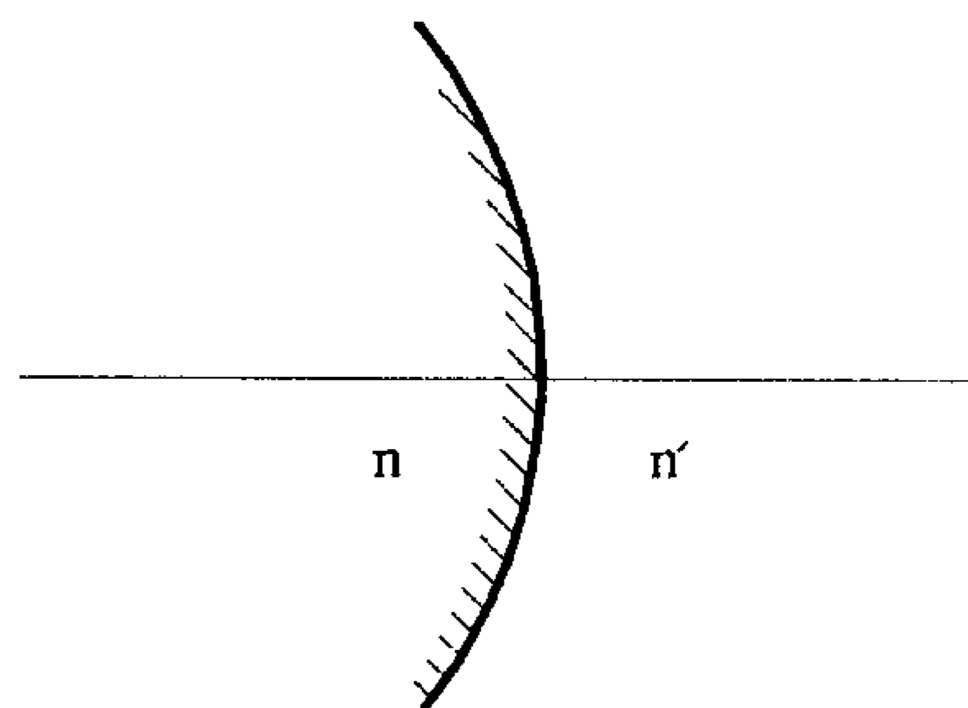
۲ـ $\frac{۱}{۲}$

۳ـ $\frac{۱}{۶}$

۴ـ $\frac{۱}{۸}$

۱۲- دیوپتر مقابل دارای دو فاصله کانونی f و f′ می‌باشد؛ نسبت $\frac{f}{f'}$ کدام است ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)**




۱ـ $\frac{n}{n'}$

۲ـ $\frac{n'}{n}$

۳ـ $\frac{n+n'}{n-n'}$

۴ـ $\frac{n-n'}{n+n'}$

۱۳- شعاع انحنای یک دیوپتر کروی برابر با R و ضرایب شکست محیط طرفین آن به ترتیب $n_1$ و $n_2$ است. فواصل کانونی این دیوپتر کروی چیست ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

۱ـ $f_1=\frac{n_1R}{n_2-n_1}, f_2=\frac{n_2R}{n_2-n_1}$

۲ـ $f_1=\frac{n_2R}{n_2-n_1}, f_2=\frac{n_1R}{n_2-n_1}$

۳ـ $f_1=\frac{n_1R}{n_1-n_2}, f_2=\frac{n_2R}{n_2-n_1}$

۴ـ $f_1=\frac{n_2R}{n_1-n_2}, f_2=\frac{n_1R}{n_1-n_2}$

**۱۴- باریکه نور تک رنگی بر روی سطح شفاف به شعاع R و ضریب شکست n می‌رسد مقدار n چقدر باشد تا پرتوها درست روی سطح کره جمع شوند ؟**

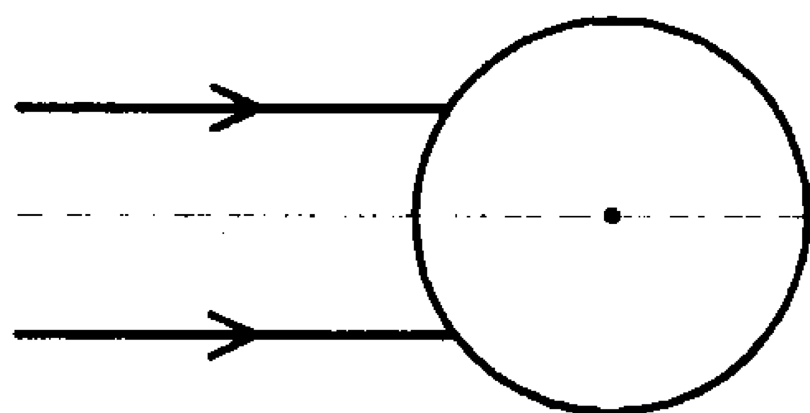
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

۱ـ $\frac{۳}{۲}$

۲ـ $\frac{۴}{۳}$

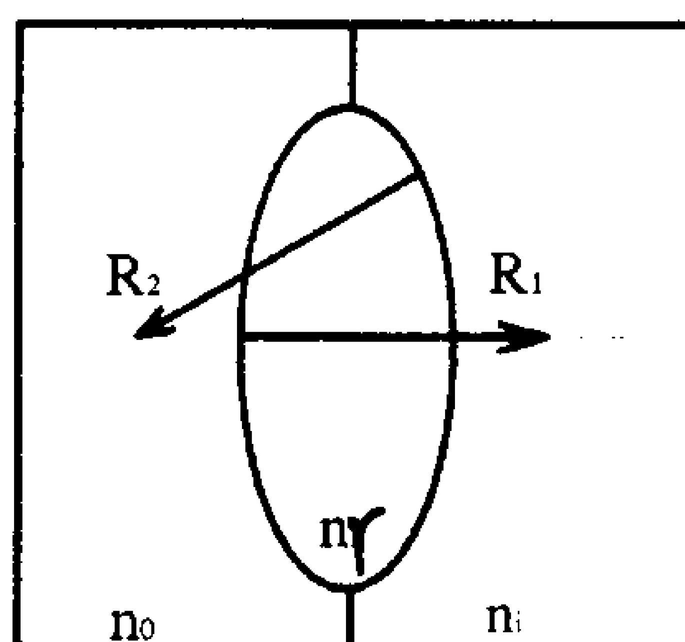
۳ـ $\frac{۴}{۵}$

۴ـ ۲/۱



**۱۵- در کاربرد عدسیهای نازک شیئی در محیط $n_\circ$ قرار گرفته، عدسی محدب از ماده $n_r$ ساخته شده و تصویر در محیط $n_i$ می‌باشد اگر شعاعهای انحنای $R_1$ و $R_2$ مطابق شکل زیر باشند. فاصله کانونی ثانویه $f'$ را بیابید ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹ و GRE)**




۱ـ $f' = -\frac{n_\circ}{(n_r - n_\circ)/R_1 + (n_i - n_r)/R_2}$

۲ـ $f' = +\frac{n_i}{(n_i - n_r)/R_1 + (n_r - n_\circ)/R_2}$

۳ـ $f' = +\frac{n_i}{(n_r - n_\circ)/R_1 + (n_i - n_r)/R_2}$

۴ـ $f' = -\frac{n_\circ}{(n_i - n_r)/R_1 + (n_r - n_\circ)/R_2}$

**۱۶- یک دسته اشعه موازی و باریک به یک کره شفاف به شعاع R که در هوا قرار دارد می‌تابد اگر ضریب شکست این کره برابر با ۲ باشد این دسته اشعه پس از شکست .......... می‌شوند.**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۸۰)**

۱ـ در رأس مقابل کره، جمع

۲ـ در فاصله R از رأس مقابل، جمع

۳ـ در فاصله R ۲ از رأس مقابل و در خارج کره، جمع

۴ـ به طور موازی از کره خارج شده به دسته اشعه موازی دیگری تبدیل می‌شوند.

**۱۷- شعاعهای انحنای طرفین یک عدسی ضخیم Cm ۱۰ و Cm ۲۰ می‌باشد. چند نوع عدسی با این مشخصات می‌توان ساخت ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)**

۱ـ دو عدسی همگرا و دو عدسی واگرا

۲ـ سه عدسی همگرا و یک عدسی واگرا

۳ـ سه عدسی واگرا و یک عدسی همگرا

۴ـ یک عدسی همگرا و یک عدسی واگرا

**۱۸- عدسی همگرایی (از شیشه به ضریب شکست $\frac{۳}{۲}$ ) را در آب به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ فرو می‌بریم ..................**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

**۱ـ** فاصله کانونی عدسی کوچکتر می‌شود.

**۲ـ** فاصله کانونی عدسی بزرگتر می‌شود.

**۳ـ** فاصله کانونی عدسی تغییر نمی‌کند.

**۴ـ** کانون از حقیقی به مجازی تبدیل می‌شود.

**۱۹- یک دسته اشعه موازی نور سفید در هوا به یک عدسی محدب نازک می‌تابد در نتیجه کانون مربوط به رنگ زرد در فاصله ................ از عدسی نسبت به کانون مربوط به رنگ سبز تشکیل می‌شود، زیرا ..................**

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

**۱ـ** دورتر ـ ضریب شکست عدسی برای نور سبز، کمتر است.

**۲ـ** دورتر ـ ضریب شکست عدسی برای نور زرد، کمتر است.

**۳ـ** نزدیکتر ـ ضریب شکست عدسی برای نور زرد، کمتر است.

**۴ـ** نزدیکتر ـ ضریب شکست عدسی برای نور سبز، بیشتر است.

**۲۰- یک عدسی مقعرالطرفین (دو کاو) نازک به ضریب شکست ۱/۵ و شعاع طرفین ۲۰ Cm و ۴۰ Cm در مایعی به ضریب شکست ۱/۸ قرار دارد. این عدسی :**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)**

**۱ـ** سیستمی است واگرا به فواصل کانونی $f' = f = -۸۰$ Cm

**۲ـ** سیستمی است همگرا به فواصل کانونی $f' = f = +۸۰$ Cm

**۳ـ** سیستمی است همگرا به فواصل کانونی $f' = f = +۱۲۰$ Cm

**۴ـ** سیستمی است واگرا به فواصل کانونی $f' = f = -۱۲۰$ Cm

**۲۱- یک عدسی نازک محدب از شیشه به ضریب شکست n در مایعی به ضریب شکست n′ قرار دارد. این عدسی یک دسته اشعه موازی را که در محیط مایع به آن می‌تابد، به یک دسته اشعه ........... مبدل می‌سازد، زیرا ........... است.**

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

**۱ـ** موازی، $n < n'$

**۲ـ** موازی، $n \approx n'$

**۳ـ** واگرا، $n < n'$

**۴ـ** همگرا، $n < n'$

**۲۲- با توجه به قانون اسنل چنان چه یک عدسی و یک آینه خمیده را که فاصله کانونی آنها برابر است در آب قرار می‌دهیم در این صورت کدام یک از عبارات زیر صحیح است ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)**

۱ـ فاصله کانونی عدسی تغییر نمی‌کند ولی فاصله کانونی آینه تغییر می‌کند.

۲ـ فاصله کانونی عدسی و آینه هیچ کدام تغییر نمی‌کند.

۳ـ فاصله کانونی عدسی و آینه تغییر می‌کند.

۴ـ فاصله کانونی عدسی تغییر می‌کند ولی فاصله کانونی آینه تغییر نمی‌کند.

**۲۳- یک دسته نور سفید به موازات محور اصلی یک عدسی همگرای نازک به آن می‌تابانیم. اگر ضریب شکست توسط عدسی n و تغییر ضریب شکست آن در ناحیه مرئی Δn باشد. می‌توان نشان داد که تغییر نسبی فاصله کانونی عدسی مساوی است با :**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۸ و ۷۹)**

۱ـ $\frac{\Delta n}{n}$  ۲ـ $\frac{\Delta n}{n+1}$  ۳ـ $\frac{\Delta n}{n-1}$  ۴ـ $\frac{\Delta n}{2n-1}$

**۲۴- در شکل زیر یک عدسی آکرومات (آفام) دیده می‌شود، عدسی نازک است به گونه‌ای که از ضخامت آن می‌توان با تقریب خوبی چشم‌پوشی کرد. اگر شعاع انحنای تمام سطوح آن مساوی و هر کدام R باشند، در صورتی که ضریب شکست عدسی محدب n و ضریب شکل عدسی مقعر n′ باشد، فاصله کانونی آن برابر کدام است ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۵)**



۱ـ $R(n-n')$

۲ـ $\frac{n-n'}{2R}$

۳ـ $\frac{R}{2(n-n')}$

۴ـ $\frac{n'-n}{R}$

**۲۵- یک عدسی ضخیم به شکل کره به شعاع R و به ضریب شکست ۲/۴ در مایعی به ضریب شکست ۱/۲ قرار دارد. این عدسی .......... بوده فاصله کانونی آن نسبت به هر رأس برابر با ............ می‌باشد.** **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)**

۱ـ واگرا ـ R  ۲ـ واگرا ـ ۲ R  ۳ـ همگرا ـ R  ۴ـ همگرا ـ ۲ R

**۲۶- شعاعِ یک عدسی نازک تخت ـ کوژ به ضریب شکست ۱/۵ برابر با ۲۵ Cm می‌باشد. فاصله کانونی این عدسی چند سانتی‌متر است ؟** **(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۹)**

۱ـ ۵۰  ۲ـ ۲۵  ۳ـ ‎-۵۰  ۴ـ ‎-۲۵

۲۷- یک عدسی همگرای نازک به ضریب $\sqrt{3}$ در محیطی به ضریب شکست $\sqrt{2}$ قرار دارد. اگر شعاع انحنای طرفین عدسی به ترتیب $\sqrt{\frac{2}{3}}m$ و $1\ m$ باشد، فاصله کانونی عدسی مساوی است با:

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۸)**

۱ـ $2\ m$ ۲ـ $\frac{1}{2}\ m$ ۳ـ $\frac{1}{4}\ m$ ۴ـ $4\ m$

۲۸- شعاعهای طرفین یک عدسی محدب نازک با هم مساوی و برابر R و ضریب شکست آن n می‌باشد. عدسی محدب نازک دیگری به ضریب شکست n موجود می‌باشد که شعاع یک طرف آن R و طرف دیگر آن مسطح است. اگر فواصل کانونی عدسیهای اول و دوم را به ترتیب با $f_1$ و $f_2$ نشان دهیم، می‌توان نتیجه گرفت که :

**(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری ـ ژئودزی) ۸۱)**

۱ـ $f_1 = f_2$ ۲ـ $f_1 = 2\ f_2$ ۳ـ $f_2 = 2\ f_1$ ۴ـ $f_1 = 4\ f_2$

۲۹- یک عدسی نازک "دو کاو" از جنس شیشه به ضریب شکست ۱/۵ و با شعاعهای انحنای ۱۰ Cm و ۳۰ Cm در مایعی به ضریب شکست ۱/۸ قرار دارد. فاصله کانونی عدسی چند سانتی‌متر است ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری ـ ژئودزی) ۸۱)**

۱ـ ۲۵- ۲ـ ۵۰- ۳ـ ۲۵+ ۴ـ ۵۰+

۳۰- یک عدسی نازک دو گوژ به ضریب شکست $\frac{5}{3}$ که شعاعهای طرفین آن ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر است، در آب به ضریب شکست $\frac{4}{3}$ قرار دارد. فاصله کانونی این عدسی چند سانتی‌متر است ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)**

۱ـ ۷۵- ۲ـ ۱۵- ۳ـ ۱۵+ ۴ـ ۷۵+

۳۱- فاصله کانونی یک عدسی شیشه‌ای در محیط هوا بیشتر است یا در محیط آب ؟ (ضریب شکست شیشه بزرگتر از آب است).

**(کنکور کارشناسی ارشد علم ۸۰)**

۱ـ در هوا

۲ـ در آب

۳ـ برای عدسی همگرا در هوا و برای واگر در آب

۴ـ برای عدسی همگرا در آب و برای واگر در هوا

**۳۲- اگر یک دسته اشعه موازی نور سفید به یک عدسی همگرای نازک بتابد کانونهای مربوط به نورهای قرمز ($F_r$) و بنفش ($F_v$) طوری تشکیل می‌شوند که :**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۷)**

۱ــ $F_v$ به عدسی نزدیکتر است زیرا ضریب شکست عدسی برای نور بنفش بیشتر است.

۲ــ $F_v$ به عدسی نزدیکتر است زیرا ضریب شکست عدسی برای نور بنفش کمتر است.

۳ــ $F_r$ به عدسی نزدیکتر است زیرا طول موج نور قرمز بیشتر است.

۴ــ $F_r$ به عدسی نزدیکتر است زیرا ضریب شکست برای نور قرمز کمتر است.

**۳۳- یک دسته اشعه موازی نور سفید بر یک عدسی همگرای نازک می‌تابد. اگر فواصل کانونی مربوط به رنگهای قرمز و بنفش را به ترتیب با $f_r$ و $f_v$ و ضرایب شکست عدسی برای این دو رنگ را با $n_r$ و $n_v$ نشان دهیم، ............ است زیرا ............ می‌باشد.**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۹)**

۱ــ $f_r > f_v$ و $n_r < n_v$ ۲ــ $f_r < f_v$ و $n_r > n_v$

۳ــ $f_r > f_v$ و $n_r > n_v$ ۴ــ $f_r < f_v$ و $n_r < n_v$

**۳۴- یک عدسی همگرا مانند یک منشور نور سفید را تجزیه می‌کند، در نتیجه ............**

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)**

۱ــ نور قرمز را کمتر منحرف کرده کانون قرمز به عدسی نزدیکتر است.

۲ــ نور بنفش را کمتر منحرف کرده کانون بنفش از عدسی دورتر است.

۳ــ نور قرمز را بیشتر منحرف کرده کانون بنفش به عدسی نزدیکتر است.

۴ــ نور بنفش را بیشتر منحرف کرده کانون بنفش به عدسی نزدیکتر است.

**۳۵- یک عدسی همگرای نازک از جسمی یک تصویر مجازی می‌دهد که طول آن دو برابر طول جسم است. فاصله کانونی عدسی مساوی است با ........ برابر فاصله جسم تا عدسی.**

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)**

۱ــ چهار ۲ــ دو ۳ــ نیم ۴ــ یک

**۳۶- جسمی به فاصله ۱۵ Cm از یک عدسی همگرای نازک به فاصله کانونی ۵ Cm قرار گرفته است، در نتیجه تصویر آن .......... و به فاصله .......... سانتی‌متر از کانون در طرف دیگر عدسی تشکیل می‌شود.** **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)**

۱ــ حقیقی ـ ۲/۵ ۲ــ حقیقی ـ ۵

۳ــ مجازی ـ ۲/۵ ۴ــ حقیقی ـ ۵

۳۷- یک عدسی همگرای نازک به فاصله کانونی f از جسمی به فاصله x از کانون شیئی، یک تصویر حقیقی به فاصله $x'$ از کانون تصویری می‌دهد. اگر جسم با سرعت v از عدسی دور شود، تصویر آن با سرعت $v'$ به عدسی نزدیک می‌شود به طوری که نسبت $\frac{v'}{v}$ برابر است با : **(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۸)**

۱- $\frac{f-x'}{-f+x}$ ۲- $\frac{f-x}{-f+x'}$ ۳- $-\frac{x'}{x}$ ۴- $-\frac{x}{x'}$

۳۸- یک عدسی نازک همگرا از یک جسم حقیقی، یک تصویر حقیقی تشکیل می‌دهد. فاصله کانونی عدسی f و فواصل جسم و تصویر از عدسی x و $x'$ می‌باشد. اگر جسم با سرعت v به عدسی نزدیک شود : **(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۵)**

۱- تصویر با سرعت $(v)\ v'=\frac{f^2}{(x-f)^2}$ از عدسی دور می‌شود.

۲- تصویر با سرعت $(v)\ v'=\frac{f^2}{(x+f)^2}$ به عدسی نزدیک می‌شود.

۳- تصویر با سرعت $(v)\ v'=\frac{f^2}{(x+f)^2}$ از عدسی دور می‌شود.

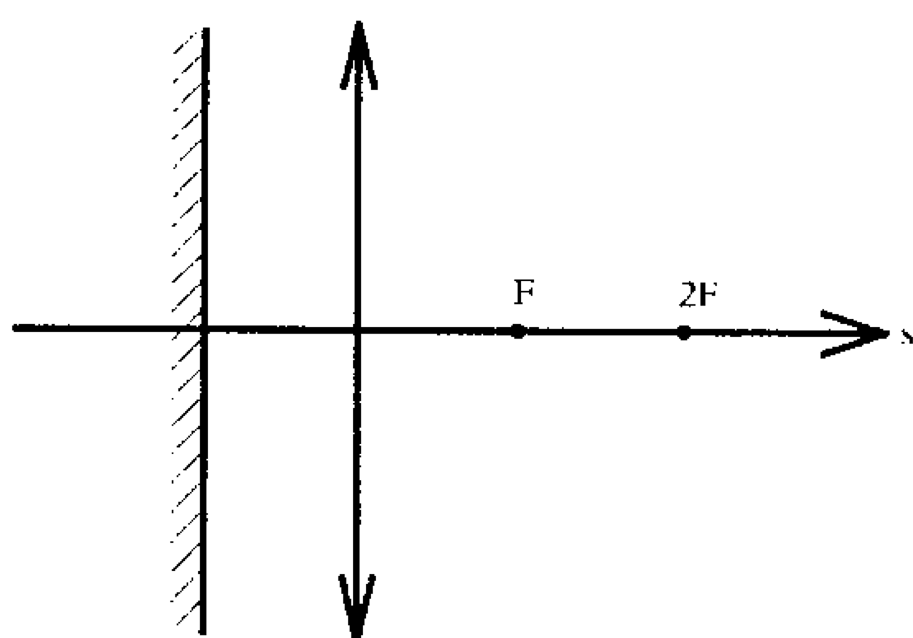
۴- تصویر با سرعت $(v)\ v'=\frac{f^2}{(x-f)^2}$ به عدسی نزدیک می‌شود.

۳۹- فرمول نیوتن برای یک عدسی همگرا به فاصله کانونی f به صورت $x\,x'=f^2$ نوشته می‌شود اگر جسم به اندازه $\Delta x$ و در نتیجه تصویر به اندازه $\Delta x'$ جا به جا شود می‌توان نشان داد که نسبت $\frac{\Delta x'}{\Delta x}$ مساوی است با : **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)**

۱- $\frac{-x^2}{f^2}$ ۲- $\frac{-f^2}{x^2}$ ۳- $\frac{x^2}{f^2}$ ۴- $\frac{f^2}{x^2}$

۴۰- نقطه نورانی S روی محور اصلی عدسی و به فاصله ۳ F از آن قرار دارد آینه تخت M عمود بر محور عدسی و به فاصله $\frac{F}{2}$ از آن واقع است تصویر حقیقی در این دستگاه کجا تشکیل می‌شود؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)**

۱- بین S و بی‌نهایت
۲- بین F و ۲ F
۳- بین ۲ F و S
۴- بین عدسی و F



۴۱- جسمی به فاصله یک متر از عدسی همگرایی به فاصله کانونی نیم متر قرار دارد. این عدسی به فاصله دو متر از یک آینه تخت واقع است. اگر از طریق عدسی به آینه نگاه کنیم، فاصله تصویر تا عدسی چقدر خواهد بود ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱ـ ۱/۲ متر　　　۲ـ ۰/۶ متر

۳ـ ۰/۹ متر　　　۴ـ ۰/۳ متر

۴۲- در یک دستگاه نوری از دو عدسی نازک همگرا به فواصل کانونی $f_1$ و $f_2$ استفاده می‌شود که به فاصله d از یکدیگر قرار دارند به طوری که $d > f_1 + f_2$ فواصل کانونی این دستگاه برابر است با :

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی و مهندسی عمران ۸۰)**

۱ـ $\frac{f_2(d+f_1)}{d+(f_1+f_2)}, \frac{f_1(d+f_2)}{d+(f_1+f_2)}$

۲ـ $\frac{f_2(d-f_1)}{d+(f_1+f_2)}, \frac{f_1(d-f_2)}{d+(f_1+f_2)}$

۳ـ $\frac{f_2(d+f_1)}{d-(f_1+f_2)}, \frac{f_1(d+f_2)}{d-(f_1+f_2)}$

۴ـ $\frac{f_2(d-f_1)}{d-(f_1+f_2)}, \frac{f_1(d-f_2)}{d-(f_1+f_2)}$

۴۳- توان عدسی همگرایی به فاصله کانونی ۲۰ Cm چقدر است ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۱)**

۱ـ ۴　　　۲ـ ۵　　　۳ـ ۶　　　۴ـ ۱۰

۴۴- دو عدسی با فواصل کانونی به ترتیب ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر در تماس با یکدیگر قرار دارند. قدرت همگرایی آنها چند دیوپتری است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)**

۱ـ ۳　　　۲ـ ۲/۵

۳ـ -۲/۵　　　۴ـ ۲

۴۵- اگر عدسی شکل زیر را از محل $R_3$ تراش داده و مطابق شکل در جهت مخالف قرار دهیم همگرایی مجموعه عدسیها نسبت به حالت اول :

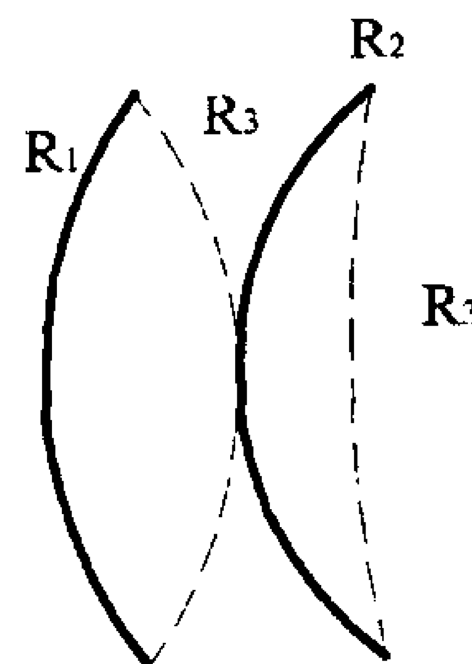
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)**

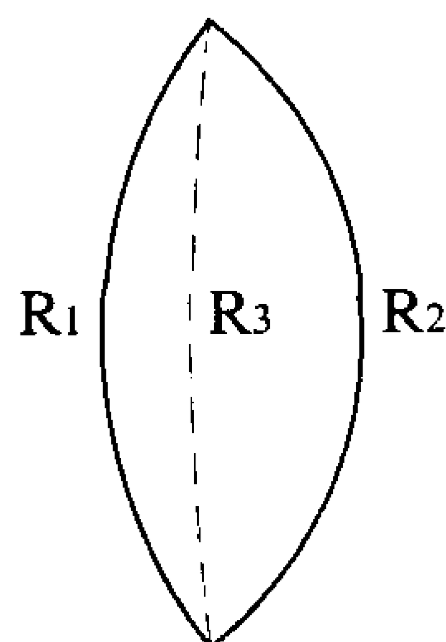
۱ـ کم می‌شود.

۲ـ زیاد می‌شود.

۳ـ تغییر نمی‌کند.

۴ـ دقیقاً دو برابر می‌شود.



**۴۶- دو عدسی نازک همگرا در کنار هم قرار گرفته‌اند. یک دسته اشعه موازی با این مجموعه تابیده و پس از خروج از آن ............ می‌شود، زیرا ................**

**(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری، ژئودزی) ۸۱)**

۱ـ به یک دسته اشعه موازی تبدیل ـ کانونهای دو عدسی بر هم منطبق هستند.

۲ـ به یک دسته اشعه واگرا تبدیل ـ کانونهای دو عدسی بر هم منطبق هستند.

۳ـ در کانون عدسی دوم متقارب ـ فاصله بین دو عدسی از مجموع فواصل کانونی آنها بیشتر است.

۴ـ در کانون عدسی دوم متقارب ـ فاصله بین دو عدسی از مجموع فواصل کانونی آنها کمتر است.

**۴۷- ناهنجاریهای محوری می‌تواند عامل ایجاد کدام یک از موارد زیر باشد ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)**

۱ـ دوربینی و نزدیک‌بینی

۲ـ پیرچشمی

۳ـ شدت صوت

۴ـ سرعت صوت

**۴۸- قدرت همگرایی کدام یک از سطوح اپتیکی چشم بیشتر است ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)**

۱ـ زلالیه

۲ـ قرنیه

۳ـ عدسی

۴ـ زجاجیه

**۴۹- نقاط دید دور و نزدیک شخصی به ترتیب ۲ متر و ۵۰ سانتی‌متر است. قدرت عدسی عینک تصحیح‌کننده برای دیدن اجسام دور چند دیوپتر است ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)**

۱ـ ۰/۵-

۲ـ ۰/۲۵+

۳ـ ۰/۷۵+

۴ـ ۱-

**۵۰- نقطه دید نزدیک شخصی ۵۵ ساله، ۱۰۰ سانتی‌متر است. چه نوع عدسی و با چه فاصله کانونی باید به کار رود تا بتواند شیئی در نقطه دید نزدیک طبیعی (۲۵ سانتی‌متری) را به وضوح مشاهده نماید ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵ و GRE)**

۱ـ همگرا ـ ۳۳/۳ سانتی‌متر

۲ـ واگرا ـ ۳۳/۳ سانتی‌متر

۳ـ همگرا ـ ۲۵/۷ سانتی‌متر

۴ـ واگرا ـ ۲۵/۷ سانتی‌متر

**۵۱- شخصی می‌تواند بدون استفاده از عینک در زیر آب اشیا را به وضوح ببیند چشمان این شخص .........**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱ـ نزدیک‌بین است.

۲ـ دوربین است.

۳ـ آستیگمات است.

۴ـ سالم است.

۵۲- شخص نزدیک‌بینی که چشمهایش می‌تواند از فاصله $a_1 = 12\ Cm$ تا $a_2 = 60\ Cm$ را ببیند به کمک عینک به طور واضح اجسامی را که در دور دست قرار دارد می‌بیند. حداقل فاصله $a_3$ را که در آن شخص می‌تواند به کمک عینکش کتاب بخواند را بر حسب سانتی‌متر تعیین کنید ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد ۷۹)**

۱ـ ۲/۵ ۲ـ ۷/۵ ۳ـ ۱۵ ۴ـ ۳۰

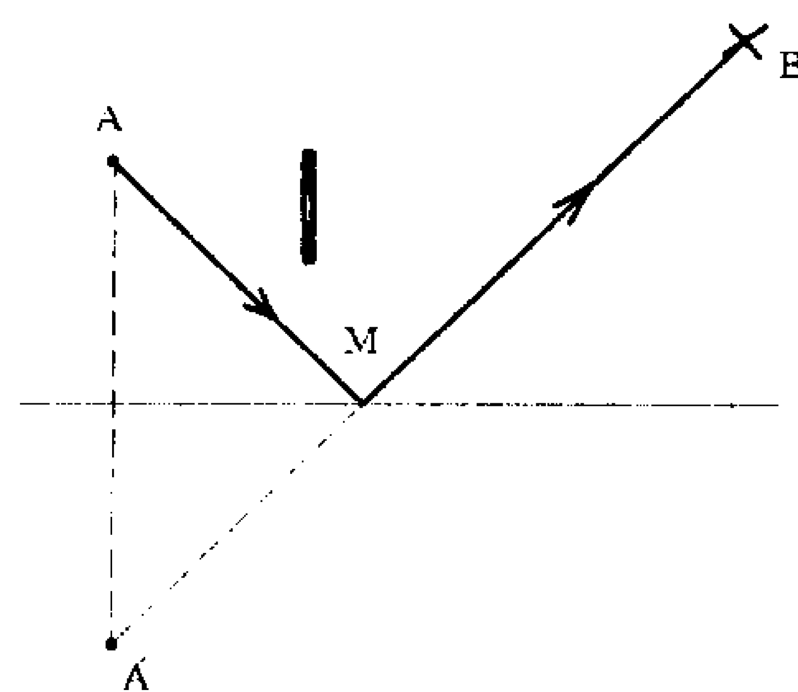
۵۳- اگر ضرایب شکست طرفین دو دیوپتر کروی مختلف به شعاعهای $R_1$ و $R_2$ ، $n_1$ و $n_2$ باشند و همگرایی این دو دیوپتر را به ترتیب $c_1$ و $c_2$ بنامیم. نسبت $\frac{c_1}{c_2}$ با کدام گزینه برابر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری، ژئودزی) ۸۱)**

۱ـ $\frac{R_2}{R_1}$ ۲ـ $\frac{n_2}{n_1}$ ۳ـ $\frac{n_1R_2}{n_2R_1}$ ۴ـ $\frac{n_1R_1}{n_2R_2}$

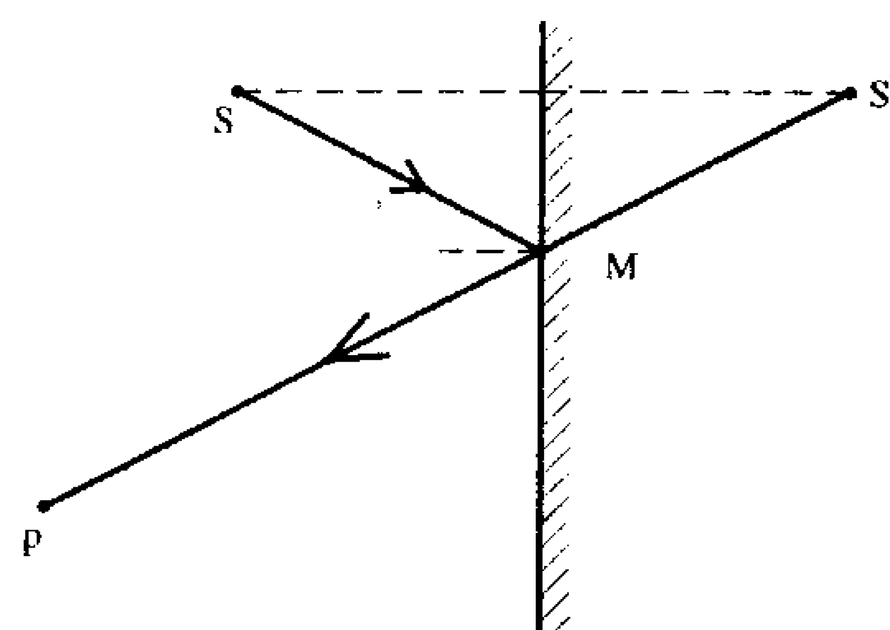
۵۴- کدام یک از گزاره‌های زیر در مورد یک عدسی همگرا صحیح نیست ؟
**(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**

۱ـ پرتوهای موازی تابیده شده با محور در کانون جمع می‌شوند.
۲ـ پرتو نور متمرکز شده در کانون نور موازی با محور گسیل می‌دارد. (در عبور از عدسی)
۳ـ پرتو نور عبور کرده از مرکز عدسی به موازات محور، انحراف پیدا می‌کند.
۴ـ جسم متمرکز در بی‌نهایت دارای تصویری در کانون است.

## ۱۶- ۳ پاسخهای تشریحی

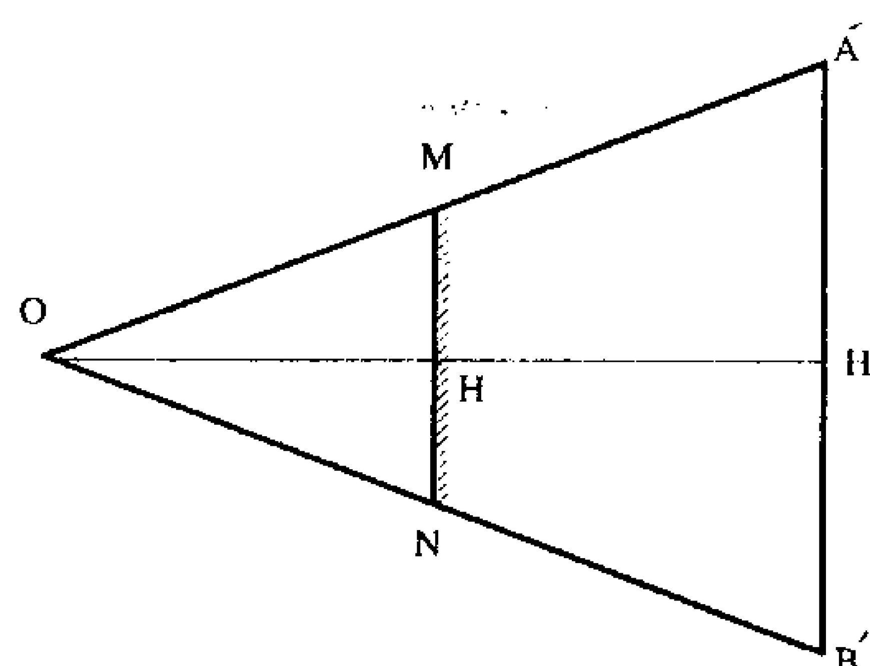



**۱- ۳)** چون اگر از نقطه B به تصویر A′ نگاه کنیم (در امتداد A′B) در واقع در مسیر پرتو AMB نگاه می‌کنیم.



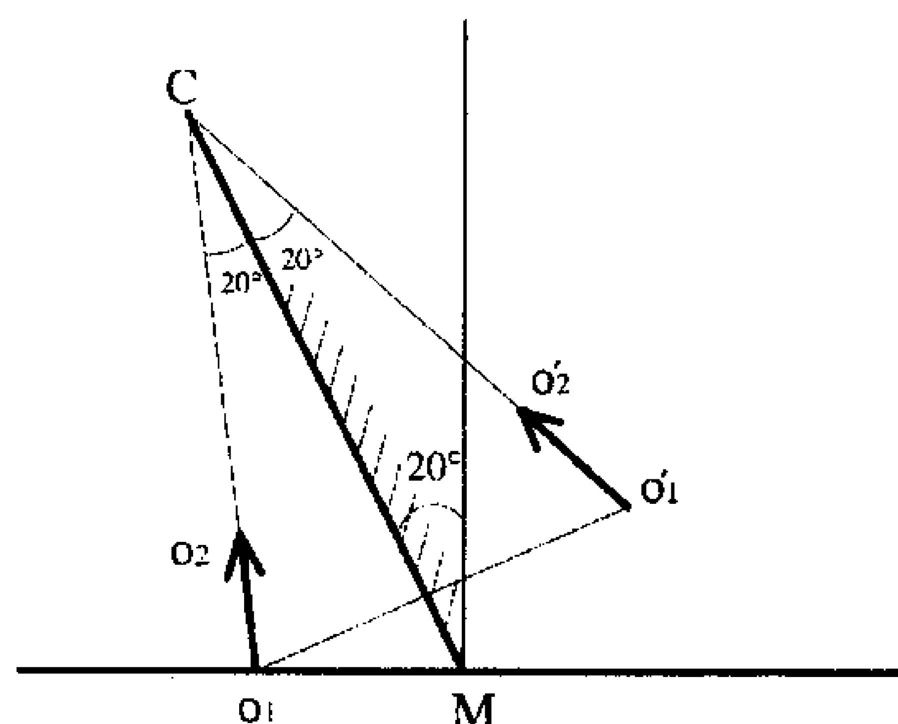

**۲- ۳)** از وصل کردن S′ (تصویر S) به نقطه P ، نقطه M به دست می‌آید که محل تلاقی خط PS′ و آینه است.

هیچ یک از گزینه‌های دیگر نقطه M را نمی‌دهند.



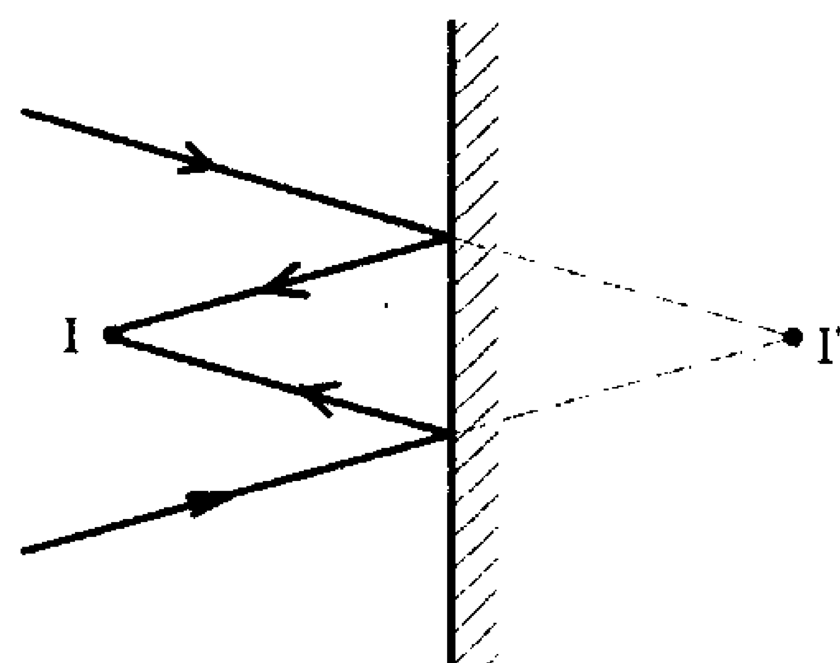

**۳- ۲)** از تشابه مثلثهای OA′B′ و OMH داریم :

$$\frac{OH'}{OH}=\frac{A'B'}{MN}\Rightarrow\frac{۶}{۲}=\frac{A'B'}{۱}\Rightarrow A'B'=۳m$$




**۴- ۲)** زاویه بین جسم، تصویر دو برابر زاویه بین جسم و آینه است.

$$\widehat{O_۱CO'_۱}=۲\widehat{O_۱CM}=۲\times۲۰=۴۰^\circ$$




**۵- ۱)** پرتوهای همگرا پس از بازتاب در نقطه I تصویر حقیقی می‌دهند. به عبارتی آینه تخت از تصویر مجازی I′ تصویر حقیقی I را می‌دهد.

**۶- ۳)** $f = ۱۲ \text{ mm}$ و $p = ۹ \text{ mm}$ و $m = -\frac{q}{p}$ بزرگنمایی

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow q = \frac{fp}{p-f} = \frac{(۱۲)(۹)}{۹-۱۲} = -۳۶ \text{ mm}$$

تصویر مجازی و چهار برابر جسم است.

$$m = -\frac{-۳۶}{۹} = +۴$$

**۷- ۳)** اگر جسم از ابتدا بعد از فاصله کانونی قرار داشته باشد می‌دانیم که با دور شدن از آینه و افزایش O همواره i کوچکتر شده و اندازه تصویر کوچکتر می‌شود. بنابراین با توجه به آنکه اندازه تصویر در دو حالت برابر است پس ابتدا جسم در فاصله کانونی بوده (و در نتیجه $i < ۰$ ) و سپس از کانون عبور کرده است.

$i < ۰$ حالت اول : $\frac{-i}{O} = ۳ \Rightarrow i = -۳O \Rightarrow \frac{۱}{O} + \frac{۱}{-۳O} = \frac{۱}{f}$

$i > ۰$ حالت دوم : $\frac{-i}{O'} = -۳ \Rightarrow i = +۳O' , O' = O + ۶ \Rightarrow \frac{۱}{O+۶} + \frac{۱}{۳(O+۶)} = \frac{۱}{f}$

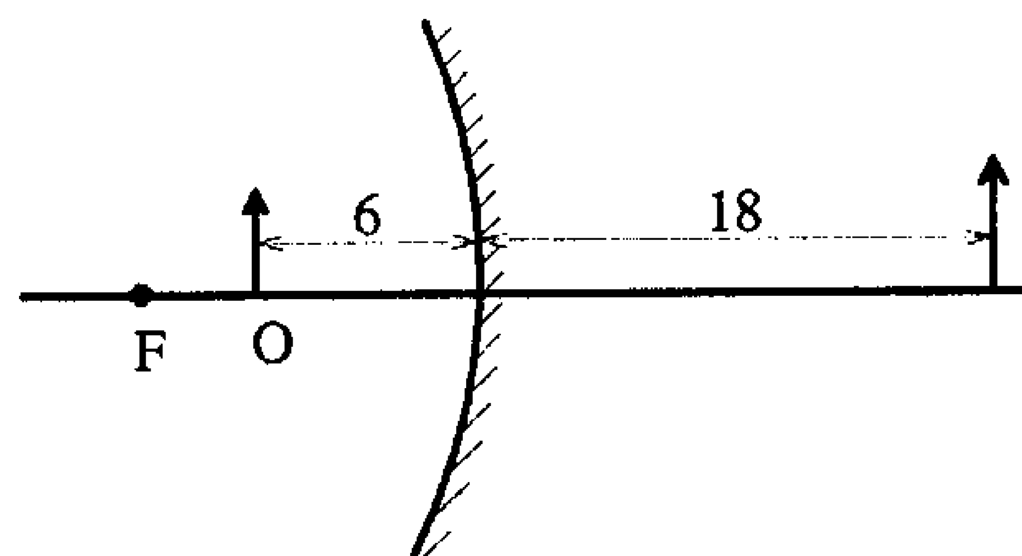
$$\frac{۱}{O} - \frac{۱}{۳O} = \frac{۲}{۳O} = \frac{۴}{۳(O+۶)} \Rightarrow (O+۶) = ۲O \Rightarrow O = ۶\text{Cm}$$

در حالت اول $i = -۳ O = -۳ (۶) = -۱۸ \text{ Cm}$

تصویر مجازی و در پشت آینه تشکیل شده است.

$(f = \frac{۳O}{۲} = ۹)$

$I$ و $O$ فاصله $= ۶ - (-۱۸) = ۲۴ \text{ Cm}$

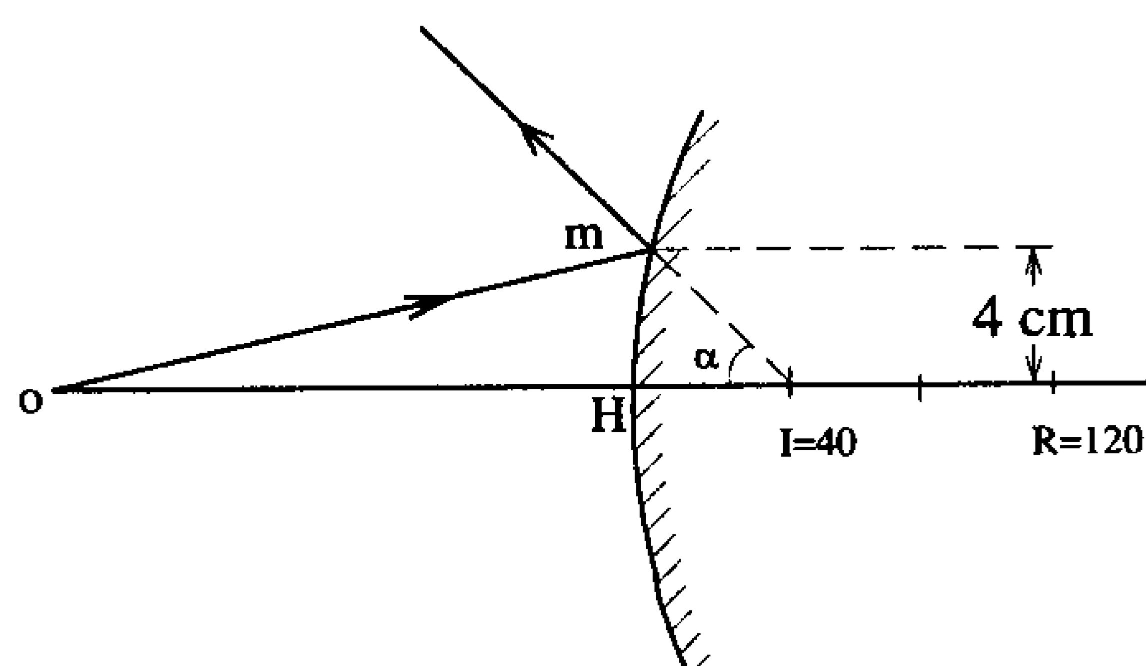



**۸- ۱)** $R = ۱۲۰ \text{ Cm} \Rightarrow$ آینه محدب $\quad f = -۶۰ \text{ Cm}$

$$O = ۱۲۰ \text{ Cm} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲۰} + \frac{۱}{i} = \frac{۱}{-۶۰} \Rightarrow i = -۴۰\text{Cm}$$

چون شعاع آینه ۴ Cm در مقابل ۴۰ Cm کوچک است این کمان را تقریباً یک خط راست عمود MH می‌گیریم

$$\alpha \approx \frac{MH}{i} = \frac{۴}{۴۰} = ۰/۱\text{rad}$$

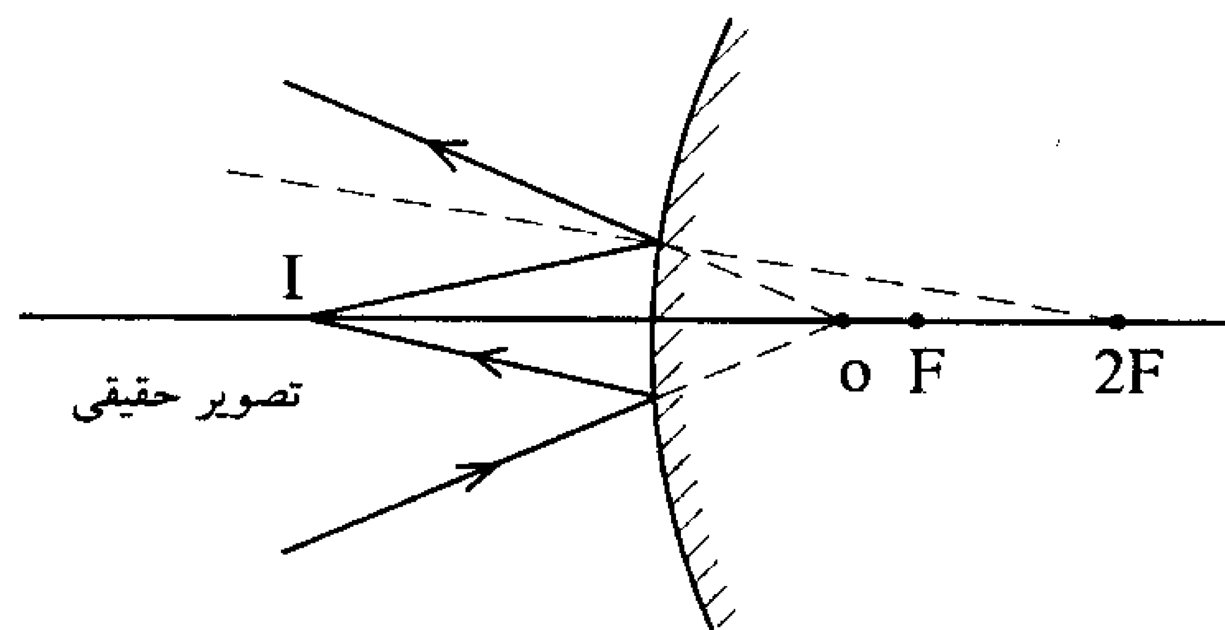


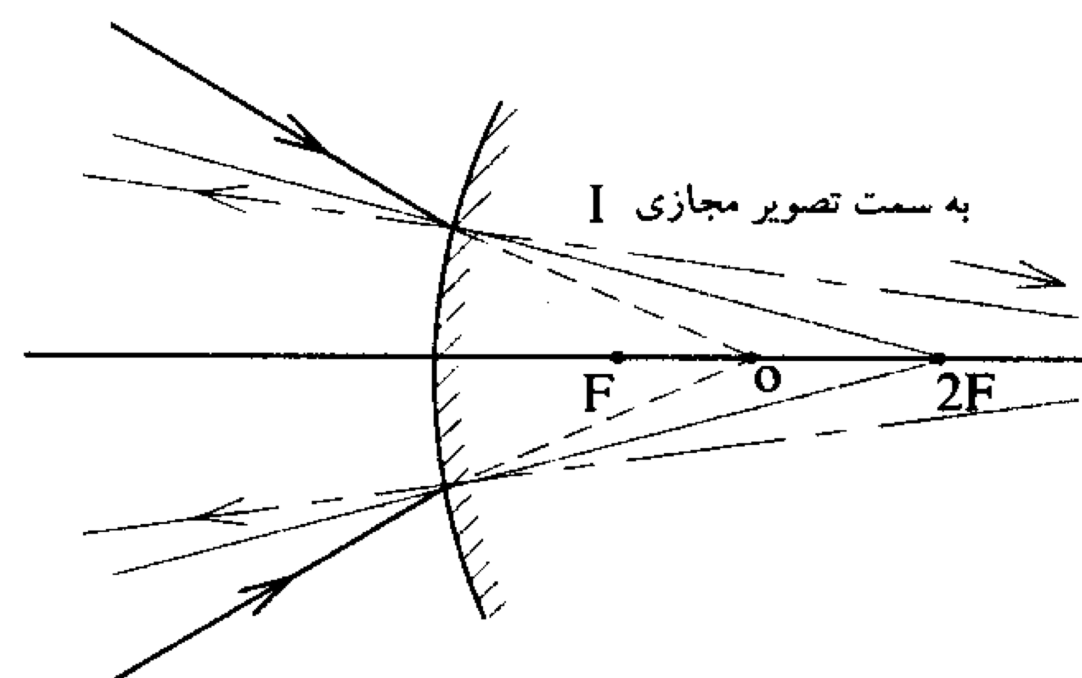
**۹-?)** اینکه تصویر حقیقی و یا مجازی باشد بستگی به آن دارد که جسم مجازی (ناشی از پرتوهای همگرا) در کجا باشد.

$O = -|O| \quad و \quad f = -|f|$

$$\frac{۱}{O}+\frac{۱}{i}=\frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{i}=\frac{۱}{f}-\frac{۱}{O}=\frac{۱}{-|f|}-\frac{۱}{-|O|} \Rightarrow i=\frac{|f||O|}{|f|-|O|}$$

اگر $|f| > |O|$ باشد تصویر حقیقی و اگر $|f| < |O|$ باشد تصویر مجازی می‌دهد.



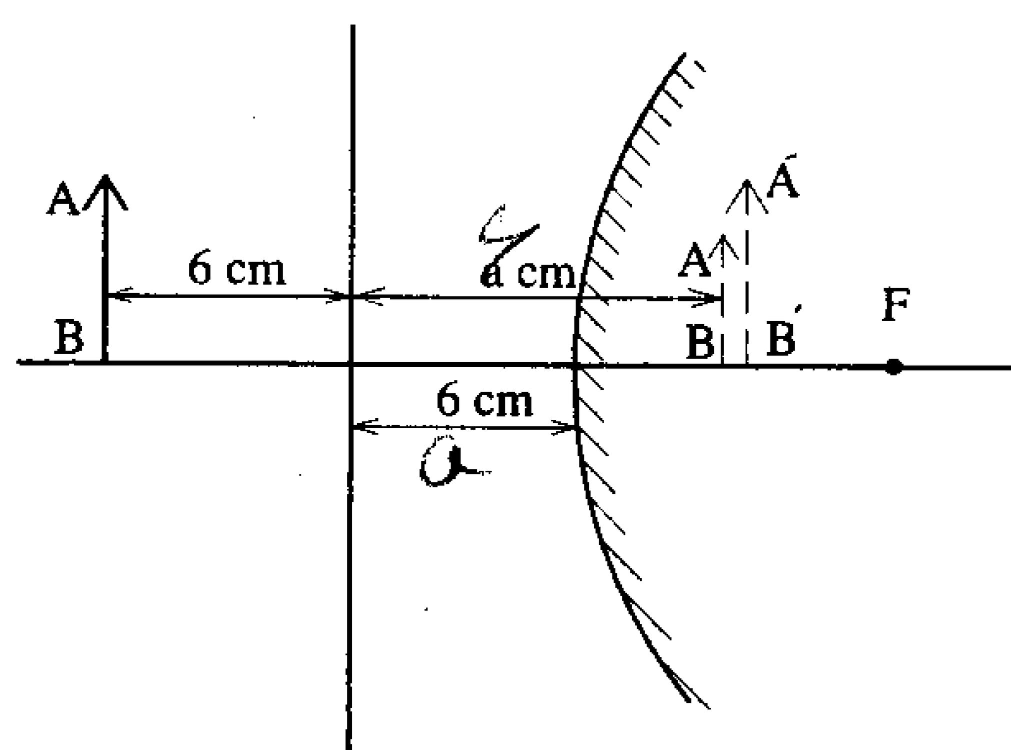

**۱۰- ۴)**

$$r = -۱۰Cm \Rightarrow f = \frac{r}{۲} = -۵Cm$$

$$O = ۲۰Cm \Rightarrow \frac{۱}{۲۰}+\frac{۱}{i}=\frac{۱}{f}=\frac{۱}{-۵} \Rightarrow$$

$$\frac{۱}{i}=\frac{۱}{-۵}-\frac{۱}{۲۰} \Rightarrow i = -۴Cm$$

**۱۱- ۲)** تصویر جسم در تیغه در ۶ سانتی‌متری تیغه قرار دارد و اگر فاصله آینه تا تیغه a باشد فاصله این تصویر تا آینه a - ۶ است. بنابراین با توجه به آنکه فاصله جسم تا آینه $O = ۶ + a$ است بنابراین $|i| = ۶ - a$



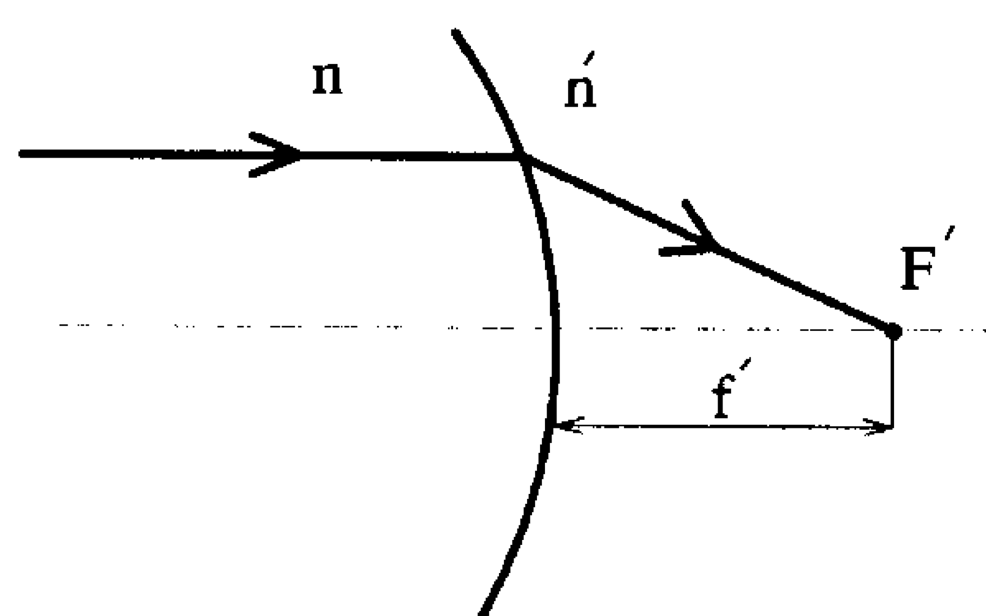

$$: \text{بنابراین} \quad \frac{\text{بزرگی تصویر در آینه}}{\text{بزرگی تصویر در تیغه}} = \frac{A''B''}{A'B'} = \frac{A''B''}{AB} = -\frac{i}{o} = -\frac{-|i|}{o}$$

$$= \frac{۶-a}{۶+a}$$

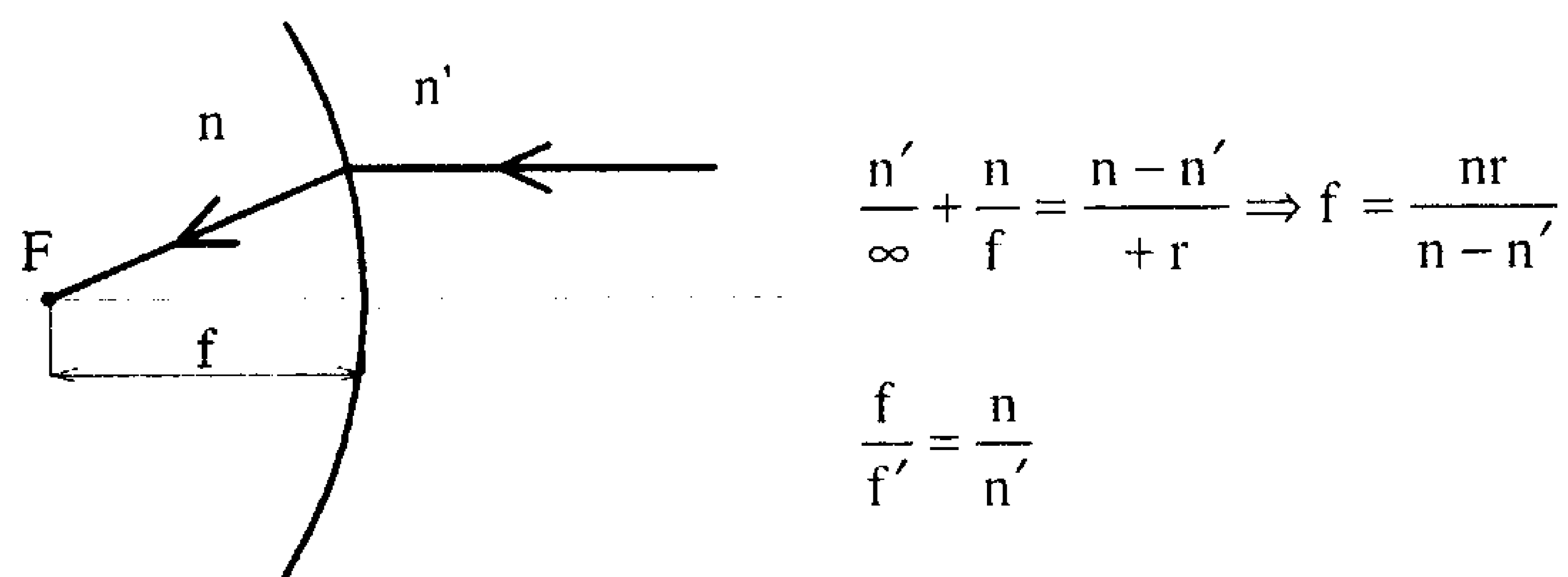
اگر $a = ۲\ Cm$ باشد داریم:

$$= \frac{۶-۲}{۶+۲} = \frac{۱}{۲}$$

**۱۲- ۱)** نور از سمت چپ و از بی‌نهایت می‌آید.



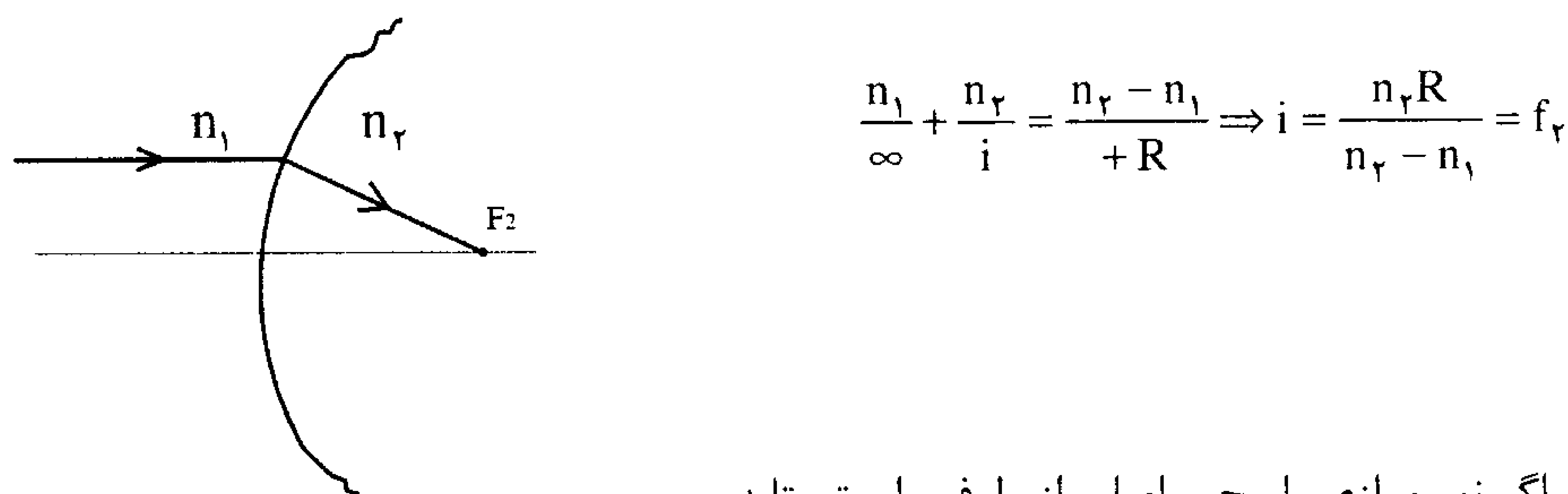

$$\frac{n}{\infty}+\frac{n'}{f'}=\frac{n'-n}{(-r)} \Rightarrow f'=\frac{n'r}{n-n'}$$




$$\frac{n'}{\infty}+\frac{n}{f}=\frac{n-n'}{+r}\Rightarrow f=\frac{nr}{n-n'}$$

$$\frac{f}{f'}=\frac{n}{n'}$$

**۱۳- ۱)** اگر نور موازی با محور اصلی (جسم در بی‌نهایت) از طرف چپ بیاید. $O=\infty\Rightarrow i=f$

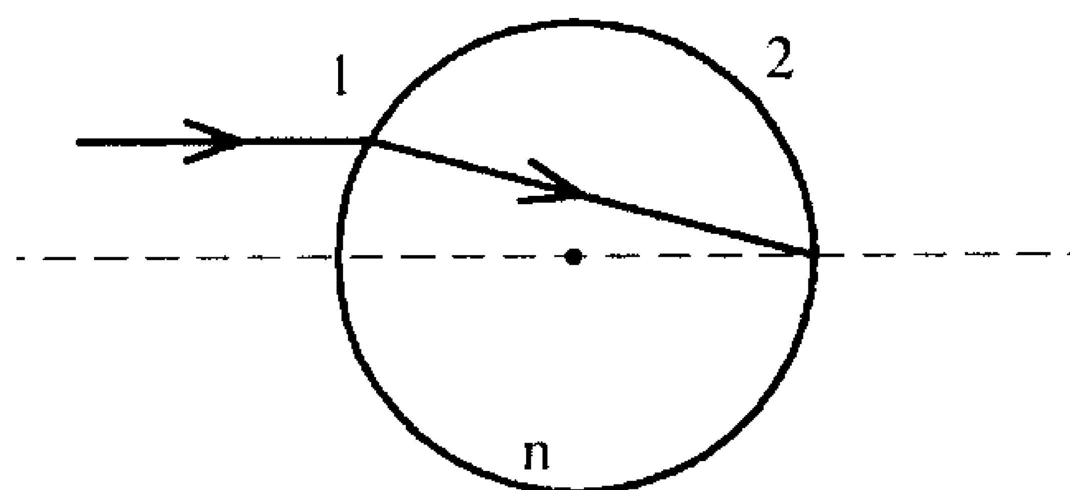



$$\frac{n_1}{\infty}+\frac{n_2}{i}=\frac{n_2-n_1}{+R}\Rightarrow i=\frac{n_2R}{n_2-n_1}=f_2$$

و اگر نور موازی با محور اصلی از طرف راست بتابد.

$$\frac{n_2}{\infty}+\frac{n_1}{i}=\frac{n_1-n_2}{(-R)}\Rightarrow i=-\frac{n_1R}{n_1-n_2}=\frac{n_1R}{n_2-n_1}=f_1$$

**۱۴- ۴)**




$r_1=R$ و $r_2=-R$

$p=\infty$ و $q=2R$

$$\frac{1}{\infty}+\frac{n}{2R}=\frac{n-1}{R}\Rightarrow n=2$$

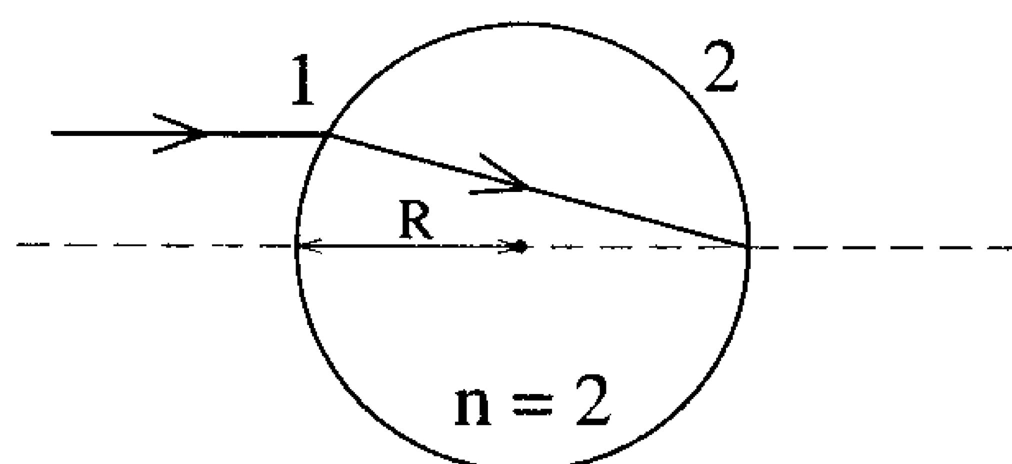
**۱۵- ؟)** اگر جسم در ∞ باشد محل تصویر نهایی فاصله کانونی را نشان می‌دهد. $O=\infty\Rightarrow i=f'$

$$\frac{n_0}{\infty}+\frac{n_r}{i'}=\frac{n_r-n_0}{+R_1}\Rightarrow \text{تصویر در سطح اول}\quad i'=\frac{n_rR_1}{n_r-n_0}$$

چون عدسی نازک است طول آن $L\approx 0$ است بنابراین فاصله تصویر $I'$ به عنوان شیئی برای سطح دوم (تا سطح دوم) عبارت است از : $O'=L-i'\approx -i'$

$$\frac{n_r}{O'}+\frac{n_i}{i}=\frac{n_i-n_r}{-R_2}\Rightarrow \frac{n_r}{-\frac{n_rR_1}{n_r-n_0}}+\frac{n_i}{i}=\frac{n_i-n_r}{-R_2}$$

$$\frac{n_i}{i}=\frac{n_r-n_0}{R_1}-\frac{n_i-n_r}{R_2}\Rightarrow i=f'=\frac{n_i}{\frac{n_r-n_0}{R_1}-\frac{n_i-n_r}{R_2}}$$

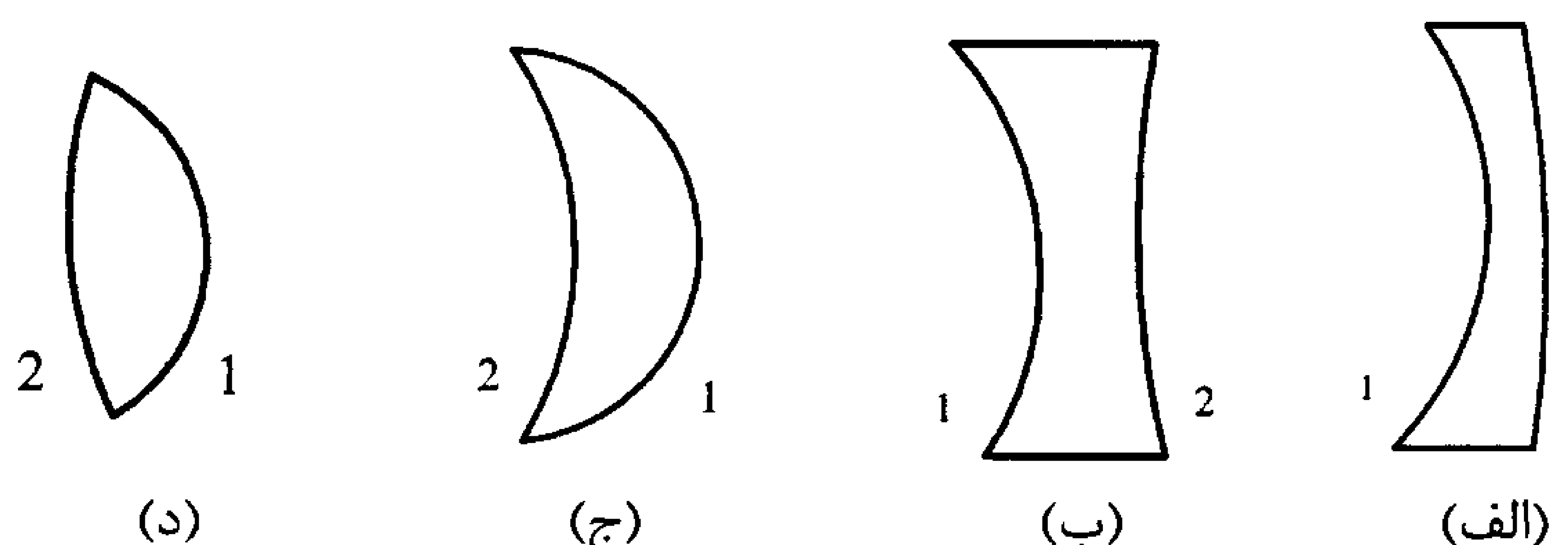



**۱۶- ۱)** پرتو نور موازی با محور اصلی است. $(O = \infty)$

$$\frac{۱}{\infty}+\frac{۲}{i'}=\frac{۲-۱}{+R}=\frac{۱}{R}\Rightarrow i'=۲R$$

تصویر ناشی از سطح اول درست روی سطح دوم می‌افتد.

**۱۷- ۱)**




عدسیهای الف و ب واگرا و عدسیهای ج و د همگرا هستند $r_۱ = ۱۰$ Cm و $r_۲ = ۲۰$ Cm

**۱۸- ۲)**

در هوا $\frac{۱}{f_۱}=\frac{n-۱}{۱}\left(\frac{۱}{r_۱}-\frac{۱}{r_۲}\right)$

$$\Rightarrow \frac{۱}{f_۲}<\frac{۱}{f_۱}\Rightarrow f_۲>f_۱$$

در آب $\frac{۱}{f_۲}=\frac{n-۱/۳۳}{۱/۳۳}\left(\frac{۱}{r_۱}-\frac{۱}{r_۲}\right)$

**۱۹- ۲)** با توجه به رابطه $\frac{۱}{f}=(n-۱)\left(\frac{۱}{r_۱}-\frac{۱}{r_۲}\right)$ هر چه ضریب شکست n بیشتر باشد f کمتر است بنابراین تنها گزینه ۲ درست است. به عبارتی کانون مربوط به رنگ زرد در فاصله دورتر از عدسی نسبت به کانون مربوط به رنگ سبز تشکیل می‌شود، زیرا ضریب شکست عدسی برای نور زرد، کمتر است.

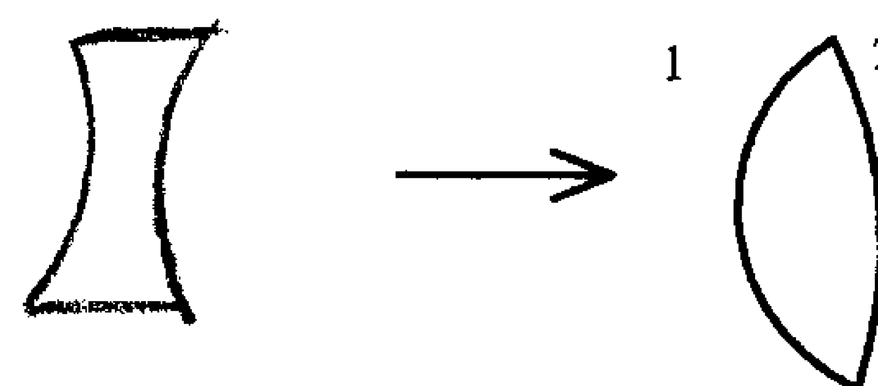
۲

**۲۰- ۱)** یک عدسی مقعرالطرفین (دو کاو) سیستمی واگرا است و رابطهٔ زیر را برای یک عدسی مقعرالطرفین که در محیطی به ضریب شکست $n_۱$ قرار دارد داریم :

$$\frac{۱}{f}=\left(\frac{n_۲}{n_۱}-۱\right)\left(\frac{۱}{R_۱}-\frac{۱}{-R_۲}\right)=\left(\frac{۱/۵}{۱/۸}-۱\right)\left(\frac{۱}{۲۰}+\frac{۱}{۴۰}\right)$$

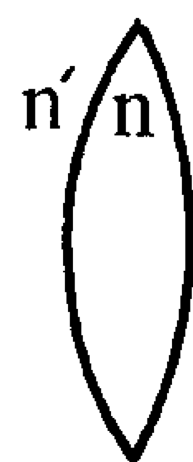
$R_۱$ و $R_۲$ شعاع طرفین و $n_۲$ ضریب شکست عدسی است.

$$\Rightarrow \frac{۱}{f}=-\frac{۱}{۸۰}\Rightarrow f=-۸۰\text{Cm}$$



**۲۱- ۳)** $\frac{۱}{f} = \frac{n - n'}{n'}\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right)$

برای عدسی محدب‌الطرفین $\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲} > ۰$ بنابراین اگر $n < n'$ باشد $f < ۰$




**۲۲- ۴)** رابطهٔ همگرایی عدسی با ضریب شکست و شعاع انحنای طرفین :

$$C = \frac{۱}{f} = \left(\frac{n_۲}{n_۱} - ۱\right)\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right)$$

$n_۱$ ضریب شکست محیطی است که عدسی در آن قرار دارد،

در حالی که برای آینه $f = \frac{R}{۲}$ وابستگی به محیط ندارد.

**۲۳- ۳)**

$$\frac{۱}{f} = (n-۱)\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right)$$

$$\frac{۱}{f'} = (n + \Delta n - ۱)\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right) \Rightarrow \frac{۱}{f'} = (n-۱)\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right) + \Delta n\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{f'} = \frac{۱}{f} + \frac{\Delta n}{(n-۱)}(n-۱)\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right) = \frac{۱}{f} + \frac{\Delta n}{n-۱}\frac{۱}{f}$$

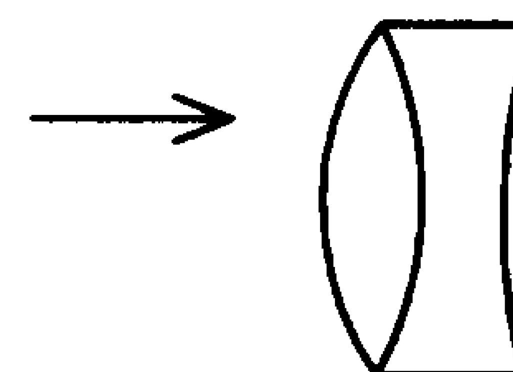
$$\Rightarrow \frac{f}{f'} = ۱ + \frac{\Delta n}{(n-۱)} \Rightarrow ۱ - \frac{f}{f'} = \frac{f' - f}{f'} = -\frac{\Delta n}{n-۱} \Rightarrow \frac{\Delta f'}{f'} = -\frac{\Delta n}{n-۱}$$

علامت منفی نشان‌دهنده آن است که اگر $\Delta n > ۰$ باشد فاصله کانونی کاهش می‌یابد : $f' < f$ و بالعکس اگر $\Delta n < ۰$ باشد $f' > f$ .

**۲۴- ۳)**

عدسی محدب‌الطرفین $\frac{۱}{f_۱} = (n-۱)\left(\frac{۱}{R} - \frac{۱}{-R}\right) = (n-۱)\frac{۲}{R}$

عدسی مقعرالطرفین $\frac{۱}{f_۲} = (n'-۱)\left(\frac{۱}{-R} - \frac{۱}{+R}\right) = (n'-۱)\left(\frac{-۲}{R}\right)$

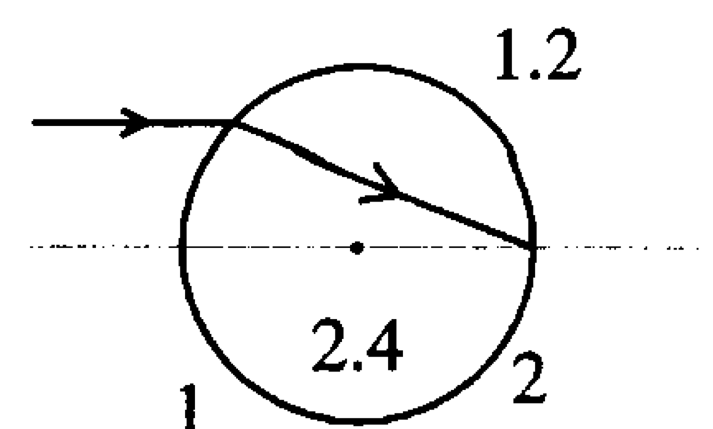


$$\frac{۱}{f} = \frac{۱}{f_۱} + \frac{۱}{f_۲} = (n-۱)\left(\frac{۲}{R}\right) + (n'-۱)\left(\frac{-۲}{R}\right) = \frac{۲}{R}(n - n') \Rightarrow f = \frac{R}{۲(n-n')}$$

**۲۵- ۴)** $R_۲ = -R$ و $R_۱ = +R$ و $P = \infty \Rightarrow i = f$

برخورد نور به سطح اول : $\frac{۱/۲}{\infty} + \frac{۲/۴}{i'} = \frac{۲/۴ - ۱/۲}{+R} \Rightarrow i' = \frac{۲/۴R}{۱/۲} = ۲R$

فاصله تصویر در سطح اول به عنوان شئ برای سطح دوم : $O' = L - i' = ۲R - ۲R = ۰$



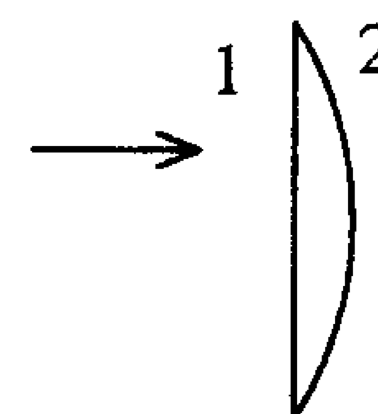
بنابراین پرتوهای موازی با محور اصلی روی سطح مقابل جمع شده و کانون تا سطح مقابل فاصله ۲ R دارد.

**۱) -۲۶** $r_۲ = -۲۵\ Cm$ و $r_۱ = \infty$ و

$$\frac{۱}{f} = (n-۱)\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right)$$

$$= (۱/۵ - ۱)\left(\frac{۱}{\infty} - \frac{۱}{-۲۵}\right) = ۰/۵\left(\frac{۱}{۲۵}\right) = \frac{۱}{۵۰}$$

$$\Rightarrow f = ۵۰\ Cm$$




**[redacted] -۲۷** $|r_۲| = \sqrt{\frac{۲}{۳}}m$ و $|r_۱| = ۱\ m$

$$\frac{۱}{f} = \frac{n-n'}{n'}\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right)$$

$$= \frac{\sqrt{۳}-\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}}\left(\frac{۱}{+۱} - \frac{۱}{-\sqrt{\frac{۲}{۳}}}\right) = \frac{\sqrt{۳}-\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}}\left(۱ + \frac{\sqrt{۳}}{\sqrt{۲}}\right)$$

$$= \frac{\sqrt{۳}-\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}}\left(\frac{\sqrt{۲}+\sqrt{۳}}{\sqrt{۲}}\right) = \frac{(\sqrt{۳})^۲ - (\sqrt{۲})^۲}{(\sqrt{۲})^۲} = \frac{۱-۲}{۲} = \frac{۱}{۲}m$$

**۳) -۲۸** عدسی محدب‌الطرفین : $\frac{۱}{f_۱} = (n-۱)\left(\frac{۱}{R} - \frac{۱}{-R}\right) = \frac{۲(n-۱)}{R} \Rightarrow f_۱ = \frac{R}{۲(n-۱)}$

عدسی تخت محدب : $\frac{۱}{f_۲} = (n-۱)\left(\frac{۱}{R} - \frac{۱}{\infty}\right) = \frac{(n-۱)}{R} \Rightarrow f_۲ = \frac{R}{(n-۱)}$

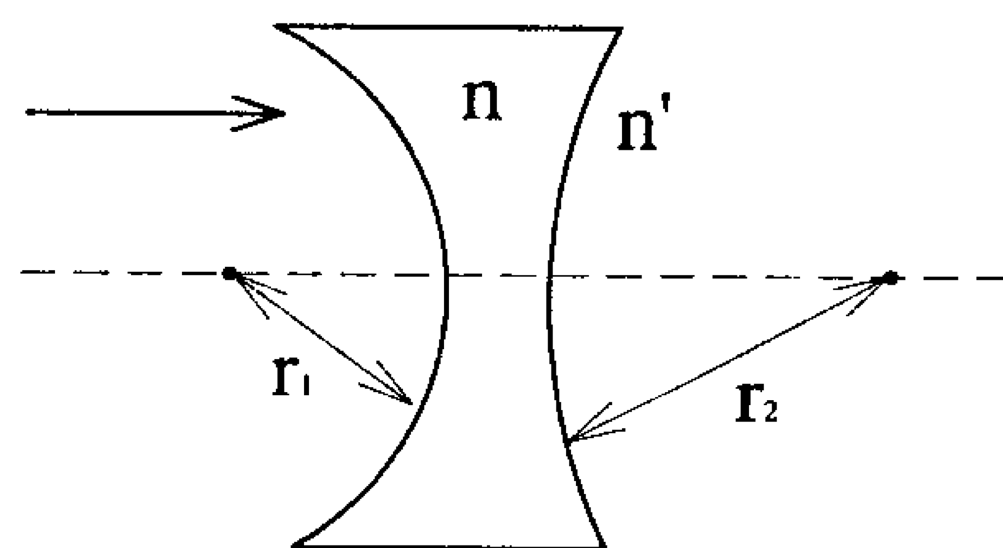
$$\Rightarrow f_۲ = ۲\ f_۱$$

**۴) -۲۹** $r_۲ = ۳۰\ Cm$ و $r_۱ = -۱۰\ Cm$

$$\frac{۱}{f} = \frac{(n-n')}{n'}\left(\frac{۱}{r_۱} - \frac{۱}{r_۲}\right) = \frac{(۱/۵ - ۱/۸)}{۱/۸}\left(\frac{۱}{-۱۰} - \frac{۱}{۳۰}\right)$$

$$= \left(\frac{-۰/۳}{۱/۸}\right)\left(\frac{-۴}{۳۰}\right) \Rightarrow f = +۴۵\ Cm$$

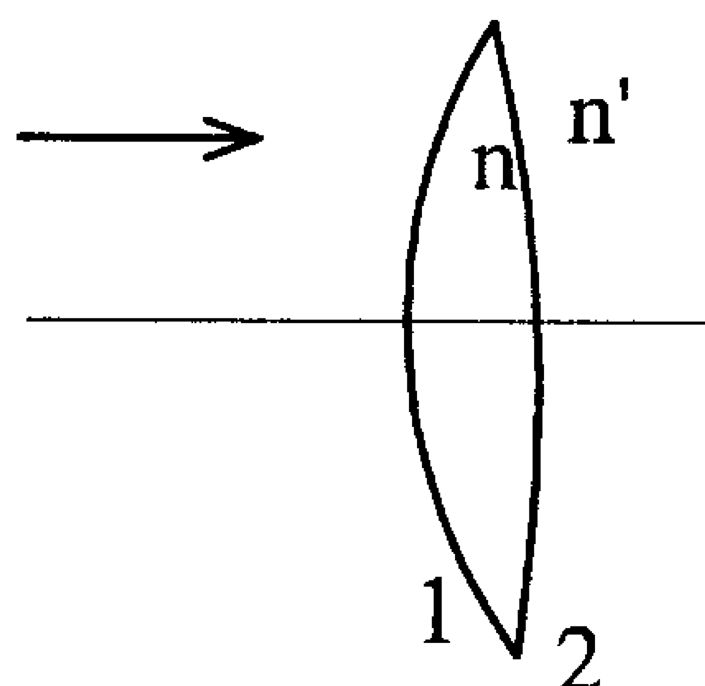
پاسخ نزدیک به گزینه ۴ است.




**۴) -۳۰** $n = \frac{۵}{۳}$ و $n' = \frac{۴}{۳}$

$r_۱ = ۳۰\ Cm$ شعاع انحنای سطح اول

$r_۲ = -۵۰\ Cm$ شعاع انحنای سطح دوم



$$\frac{1}{f}=\frac{n-n'}{n'}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)=\frac{(\frac{5}{3}-\frac{4}{3})}{(\frac{4}{3})}\left(\frac{1}{30}-\frac{1}{-50}\right)$$

$$=\frac{1}{4}\left(\frac{1}{30}+\frac{1}{50}\right)=\frac{2}{150}\Rightarrow f=+75\,Cm$$

**۳۱- ۲)** با توجه به معادله $\frac{1}{f}=\frac{n-n'}{n'}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$. در آب چون $n'>1$ است f نسبت به حالتی که $n'=1$ است کمتر است.

**۳۲- ۱)**

**۳۳- ۱)** چون ضریب شکست عدسی برای نور بنفش بیشتر است $(n_r<n_v)$ فاصله کانونی نور بنفش کمتر است $f_r>f_v$ .

**۳۴- ۴)** چون ضریب شکست n برای نور بنفش بیشتر است. در نتیجه f کمتر بوده و کانون بنفش به عدسی نزدیکتر است.

**۳۵- ۲)**

$$\frac{-q}{p}=2\Rightarrow q=-2p$$

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}\Rightarrow\frac{1}{p}+\frac{1}{-2p}=\frac{1}{f}\Rightarrow f=2p$$

**۳۶- ۱)** $p=15\,Cm$ و عدسی همگرا $f=+5\,Cm$

$$q=\frac{fp}{p-f}=\frac{(5)(15)}{15-5}=\frac{75}{10}=+7/5\,cm$$

$q>0$ و تصویر حقیقی است. فاصله تصویر از کانون $=7/5-5=2/5\,Cm$

**۳۷- ؟)**

$$\frac{1}{X}+\frac{1}{X'}=\frac{1}{F}\Rightarrow X'=\frac{XF}{X-F}\Rightarrow X-F=\frac{XF}{X'}$$

$\Rightarrow$ همان گونه که در تست بعدی خواهیم دید $V'=\frac{-F^2}{(X-F)^2}V\Rightarrow\frac{V'}{V}=\frac{-F^2}{(X-F)^2}$

$$\Rightarrow\frac{V'}{V}=\frac{-F^2}{\left(\frac{XF}{X'}\right)^2}=-\left(\frac{X'}{X}\right)^2$$

احتمالاً گزینه ۳ به صورت $-\left(\frac{X'}{X}\right)^2$ بوده است.

**۳۸- ۱)**

$$\frac{1}{X}+\frac{1}{X'}=\frac{1}{F}\Rightarrow\frac{1}{X'}=\frac{1}{F}-\frac{1}{X}=\frac{X-F}{XF}$$

$$\Rightarrow X' = \frac{XF}{X-F} \Rightarrow \dot{X}' = \frac{\dot{X}F(X-F) - \dot{X}XF}{(X-F)^۲}, \dot{X} = V, \dot{X}' = V'$$

$$\Rightarrow V' = -\frac{\dot{X}F^۲}{(X-F)^۲} = -\frac{F^۲}{(X-F)^۲}V$$

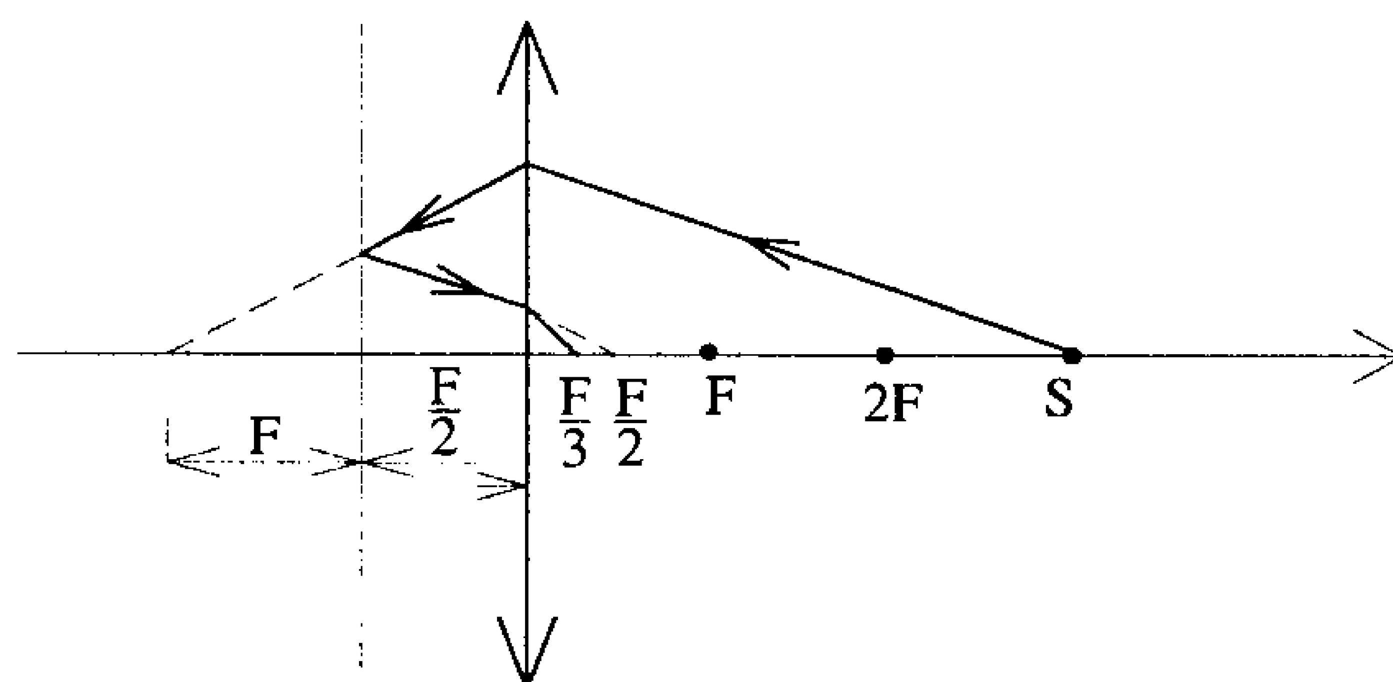
علامت منفی نشان می‌دهد جهت حرکت تصویر در خلاف جهت حرکت جسم است. بنابراین تصویر با سرعت $\frac{F^۲}{(X-F)^۲}V$ از عدسی دور می‌شود.

۳۹- ۲) $x' = \frac{f^۲}{x} \Rightarrow \Delta x' = f^۲\Delta\left(\frac{۱}{x}\right) = f^۲\left(\frac{-\Delta x}{x^۲}\right) \Rightarrow \frac{\Delta x'}{\Delta x} = -\frac{f^۲}{x^۲}$

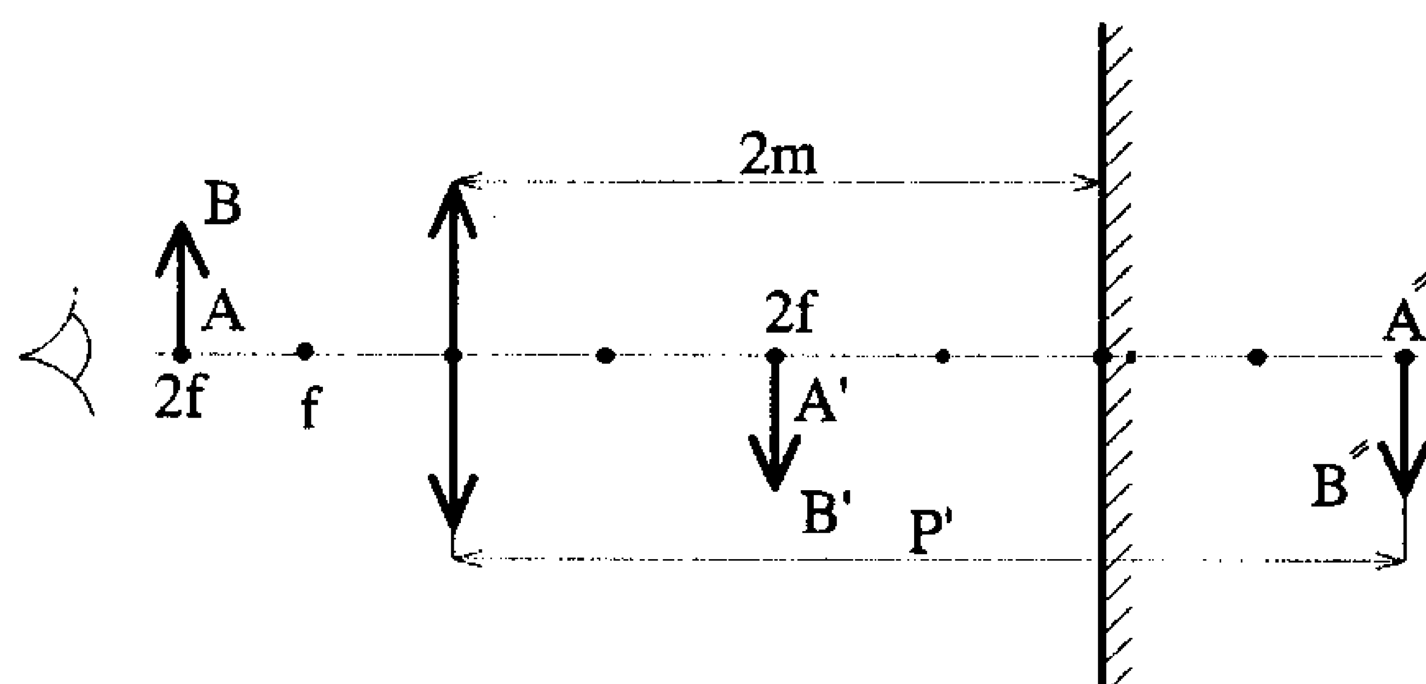
۴۰- ۴) $\frac{۱}{۳f} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow q = \frac{۳f}{۲} \Rightarrow$ بنابراین تصویر در فاصله f پشت آینه می‌افتد

چون تصویر برای آینه تخت مجازی است با p = -f آینه تصویر حقیقی در فاصله f در جلوی خود می‌دهد که به فاصله $\frac{f}{۲}$ در سمت راست عدسی می‌افتد. پس نهایتاً برای این عدسی داریم $p = -\frac{f}{۲}$ که :

$$\frac{۱}{(-\frac{f}{۲})} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow q = \frac{f}{۳}$$



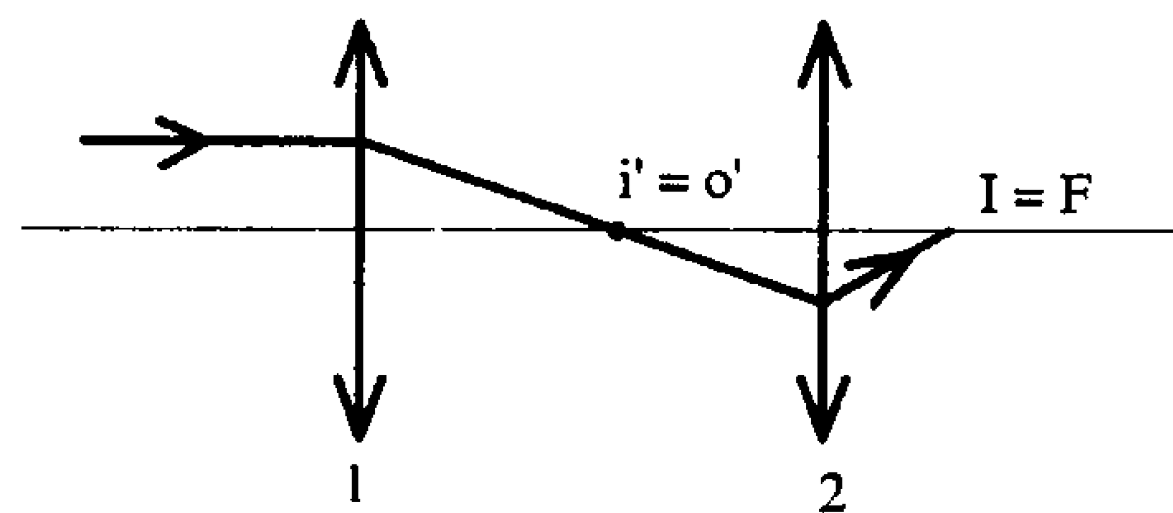

۴۱- ۲)




چون جسم درست روی f ۲ قرار دارد (p = ۱ m و f = ۰/۵) بنابراین تصویر A'B' هم روی f ۲ افتاده و چون فاصله آینه تا عدسی m ۲ است پس فاصله آینه تا A'B' برابر m ۱ بوده و فاصله تصویر A'B' در آینه یعنی A''B'' تا عدسی m ۲ است پس p' = ۳ m که فاصله جسم A''B'' برای عدسی است پس برای q' فاصله تصویر نهایی که در عدسی توسط چشم دیده می‌شود داریم:

$q' = \frac{fp'}{p'-f} = \frac{(۰/۵)(۳)}{۳-۰/۵} = ۰/۶$

**۴۲- ۴)**




اگر جسم در بی‌نهایت باشد تصویر نهایی در کانون است.

تصویر در عدسی اول $\frac{۱}{\infty} + \frac{۱}{i'} = \frac{۱}{f_۱} \Rightarrow i' = f_۱$

بنابراین فاصله تصویر در عدسی اول به عنوان شئ برای عدسی دوم عبارت است از :

شئ جدید در جلوی عدسی دوم است. $O' = d - i' = d - f_۱$ و $d > f_۱ + f_۲ \Rightarrow O' > ۰$

فاصله کانونی = $\frac{۱}{O'} + \frac{۱}{i} = \frac{۱}{d-f_۱} + \frac{۱}{i} = \frac{۱}{f_۲} \Rightarrow i = \frac{f_۲(d-f_۱)}{d-f_۱-f_۲}$

حال اگر نور از سمت راست و به سمت عدسی با فاصله کانونی $f_۲$ بتابد.

فاصله کانونی = $i' - f_۲ \Rightarrow O' = d - f_۲ \Rightarrow i = \frac{f_۱(d-f_۲)}{d-f_۱-f_۲}$

**۴۳- ۲)** توان $F = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۰/۲m} = ۵$ دیوپتر

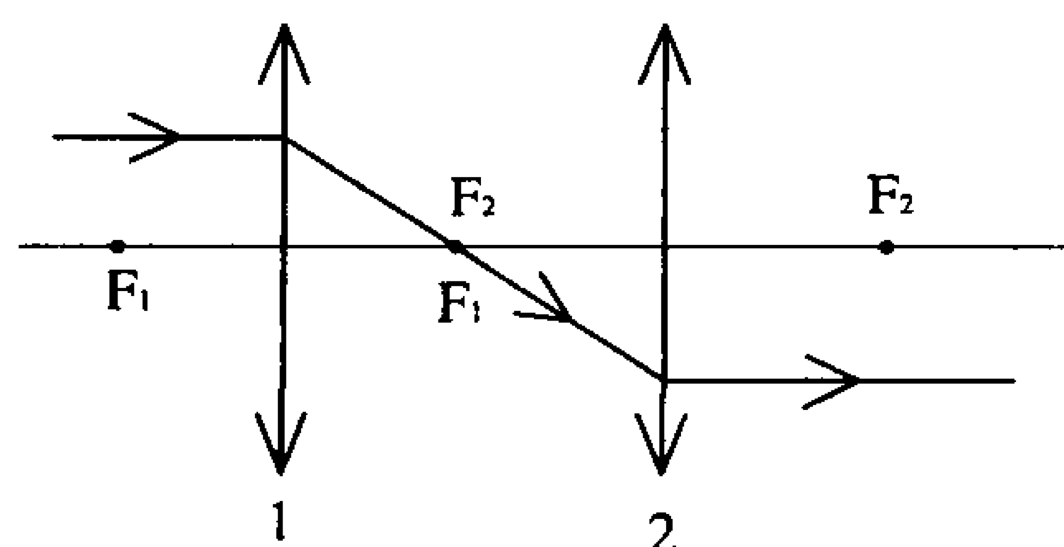
**۴۴- ۱)** $f_۱ = ۲۰\ Cm = ۰/۲\ m$ و $f_۲ = -۵۰\ Cm = -۰/۵\ m$

توان کل $F = F_۱ + F_۲ = \frac{۱}{f_۱} + \frac{۱}{f_۲} = \frac{۱}{۰/۲} + \frac{۱}{-۰/۵} = ۵ - ۲ = ۳$

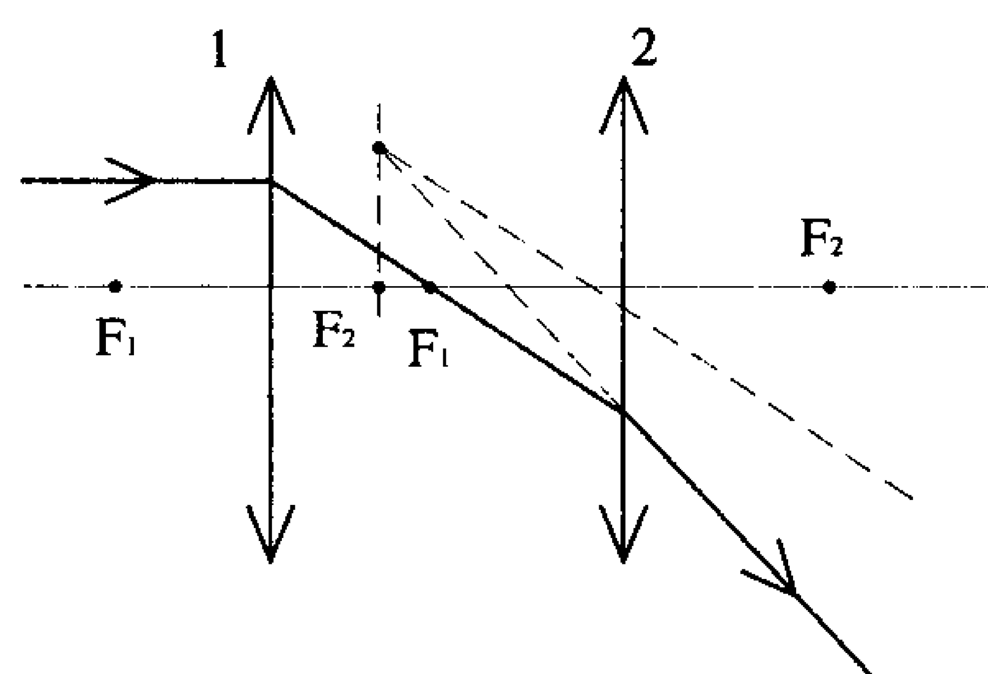
**۴۵- ۳)** از یک عدسی محدب‌الطرفین دو عدسی ساخته‌ایم اگر دو عدسی از همان جا که برش داده شده‌اند دو باره به هم چسبانده شوند عدسی اول ساخته می‌شود $\frac{۱}{f} = \frac{۱}{f_۱} + \frac{۱}{f_۲}$. حالا اگر یک عدسی را وارون قرار دهیم باز چون کانون آن تغییر نمی‌کند از چسباندن آن دو به هم داریم :

$\frac{۱}{f} = \frac{۱}{f_۱} + \frac{۱}{f_۲}$

**۴۶- ۱)** از میان گزینه‌ها، تنها گزینه ۱ امکان‌پذیر است، چرا که دسته اشعه موازی پس از عبور از عدسی همگرای اول در کانون عدسی اول جمع می‌شود و چون کانون عدسی اول روی کانون عدسی دوم قرار دارد پرتو پس از خروج از عدسی دوم موازی خارج می‌شود.



بنابراین گزینه ۲ غلط است چون پرتوی نهایی موازی خارج می‌شود. از طرفی اگر فاصله دو عدسی از $f_1 + f_2$ کمتر باشد چون محل تلاقی پرتو موازی اولیه در کانون $f_1$ است که در فاصله کانونی $f_2$ عدسی دوم افتاده است. در واقع تصویر (جسم در ∞) در عدسی اول در فاصله کانونی $f_2$ افتاده و در نتیجه تصویر نهایی مجازی بوده و پرتو نهایی واگرا خواهد بود (و نه متقارب).




۴۷- ۲)　　　　۴۸- ۳)

۴۹- ۱) $\frac{۱}{f} = \frac{۱}{-۲} = -۰/۵$ دیوپتر = نمره عینک

**۵۰- ۱)** عیب چشم شخص با حداقل رویت ۱۰۰ cm دوربینی می‌باشد. بنابراین نیاز به عینک با عدسی همگرا دارد.

$q = ۱۰۰\ cm$

$p = ۲۵\ cm$

$f = ?$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۵} - \frac{۱}{۱۰۰} = \frac{۱}{f} \Rightarrow f = \frac{۱۰۰}{۳} = ۳۳/۳cm$$

**۵۱- ۱)** با توجه به آنکه فاصله کانونی عدسی زیاد می‌شود بنابراین چشم نزدیک‌بین بوده است و با زیاد شدن فاصله کانونی تصویر بر روی پرده شبکیه افتاده است.

**۵۲- ۳)** $-۶۰$ = فاصله کانونی عدسی واگرا ⇐ $۶۰\ cm$ = حداکثر فاصله قابل رویت

اگر حداقل فاصله‌ای که چشم می‌تواند ببیند $L = ۱۲\ cm$ باشد و بخواهد با عینک مذکور به جسم نگاه کند جسم باید در فاصله p باشد (تا تصویر مجازی در $q = -L = -۱۲\ cm$ باشد).

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{-۱۲} = \frac{۱}{-۶۰} \Rightarrow p = ۱۵\,m$$

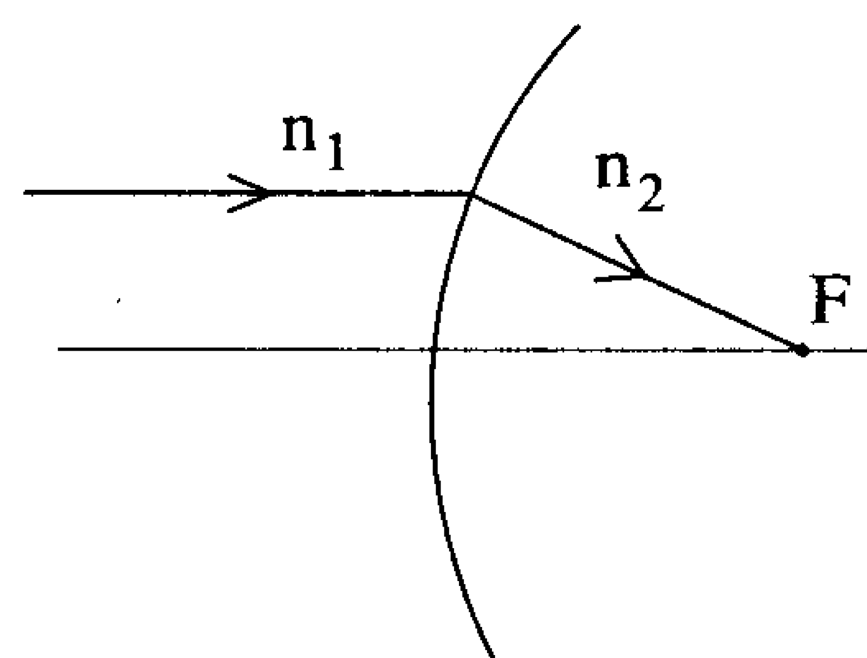
**۵۳- ۱)** اگر $O = \infty$ باشد آنگاه $i = f$:

$$\frac{n_1}{\infty} + \frac{n_2}{f_1} = \frac{n_2 - n_1}{R_1}$$

$$\Rightarrow c_1 = \frac{۱}{f_1} = \frac{n_2 - n_1}{R_1 n_2}$$ همگرایی

اگر شعاع انحنا $R_2$ باشد $\Rightarrow c_2 = \frac{۱}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{R_2 n_2}$

$$\Rightarrow \frac{c_1}{c_2} = \frac{R_2}{R_1}$$




**۵۴- ۳)**

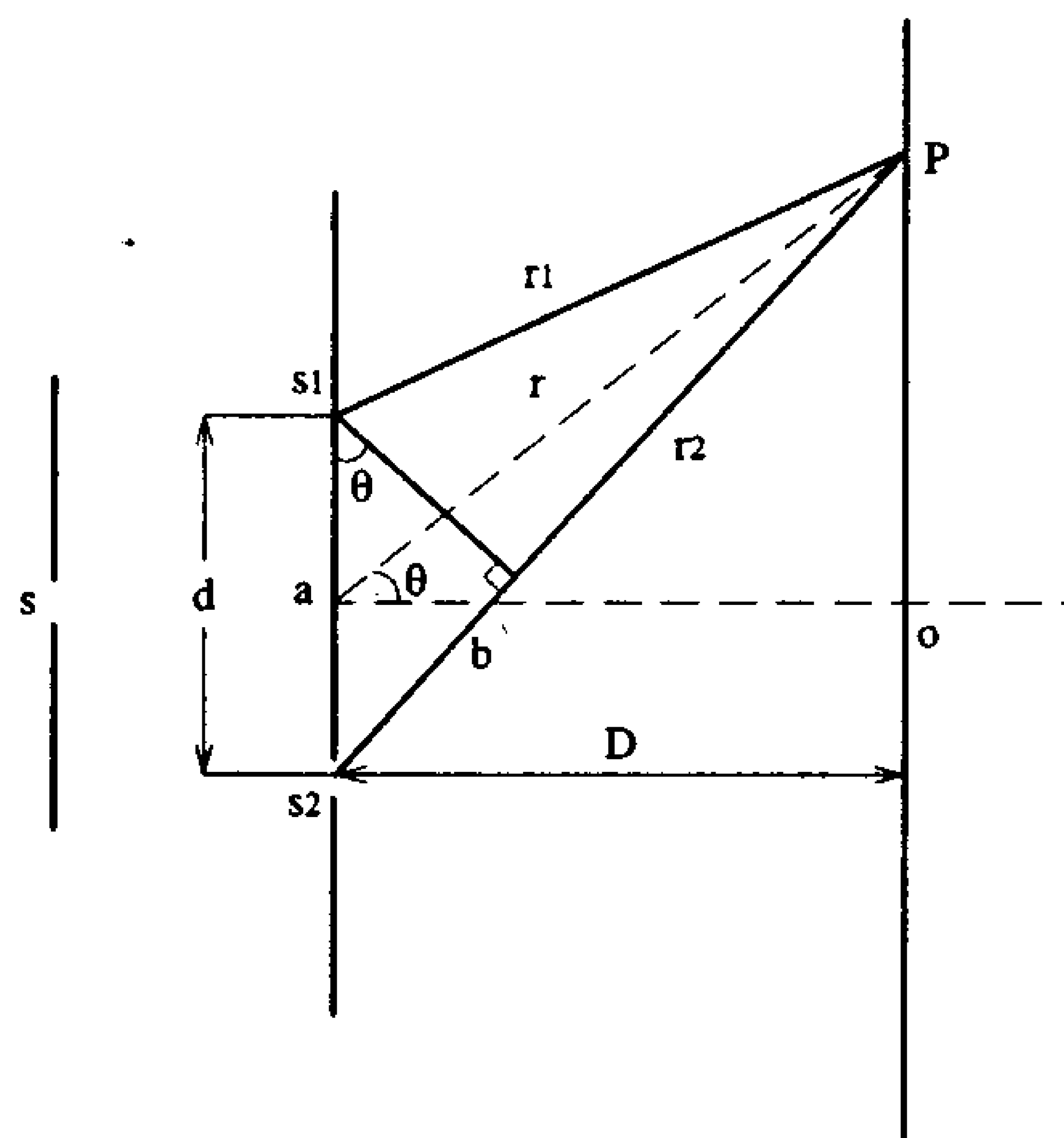
# فصل چهارم

# تداخل

## ۱- ۴ آزمایش یانگ

در این فصل به چند مثال که در آنها سر و کارمان با اپتیک موجی است پرداخته و به بررسی آثار تداخلی پرتوهای نور می‌پردازیم.

در آزمایش یانگ، نور فرودی دارای یک طول موج است. دو شکاف $s_1$ و $s_2$ در مقابل چشمه s قرار دارند. چون فاصله دو شکاف (d) خیلی کوچکتر از فاصله میان دو پرده (D) است و به عبارتی $r_1$ و $r_2$ در مقایسه با d بسیار بزرگ هستند.




می‌توان فرض کرد دو زاویه $p\hat{a}o$ و $s_2\hat{s}_1b$ با هم برابر هستندکه با θ نمایش داده شده‌اند.

$s_1b$ در واقع کمانی است که به مرکزیت p زده شده است ولی به علت کوچکی می‌توان عمود بر $s_2p$ در نظر گرفت.

نقطه p نقطه‌ای بر روی پرده است که می‌خواهیم تداخل امواج نوری آمده از $s_1$ و $s_2$ را در آن نقطه بررسی کنیم.

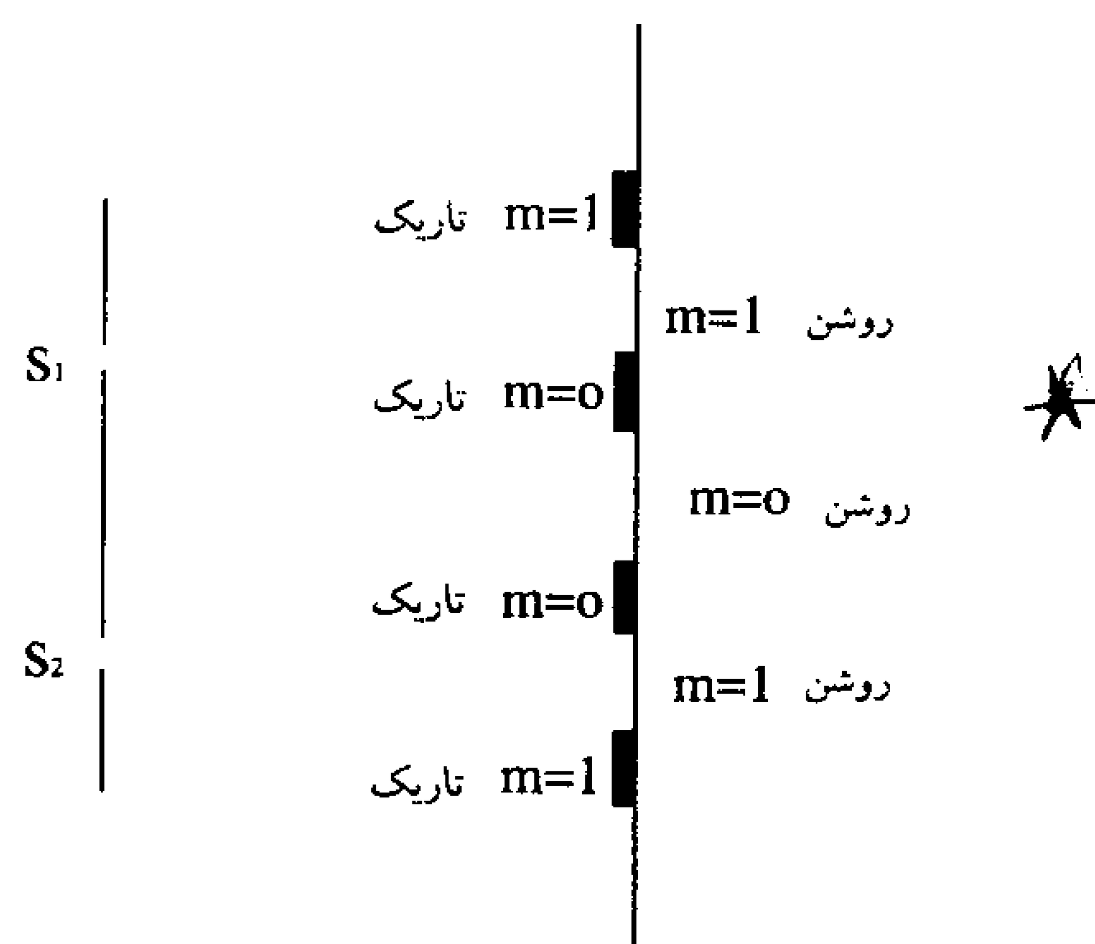
اختلاف راه $= s_2p - s_1p = r_2 - r_1 \approx s_2b = d\sin\theta \approx d\theta$

با توجه به بزرگی $r_1$ و $r_2$ و D در مقایسه با d، زوایای θ بسیار کوچک است ($\sin\theta \approx \theta$).

$$\begin{cases} d\theta = m\lambda & \text{تداخل سازنده} \\ d\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda & \text{تداخل ویرانگر} \end{cases} \qquad m = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

$$\begin{cases} \theta_m = \dfrac{m\lambda}{d} & \text{برای نوار روشن } m \\ \theta_m = \dfrac{(m+\frac{1}{2})\lambda}{d} & \text{برای نوار تاریک } m \end{cases}$$

مکان هندسی نقاطی که تداخل سازنده را داریم یک نوار روشن و مکان هندسی نقاطی که تداخل ویرانگر را داریم یک نوار تاریک است.




- نوار مرکزی روشن است چرا که در نوار مرکزی $\theta = 0$ است و فقط در شرط نوار روشن به ازای $m = 0$ داریم $\theta = 0$.

- برای دو نوار روشن متوالی و یا دو نوار تاریک متوالی داریم :

$$\Delta\theta = \frac{(m+1)\lambda}{d} - \frac{m\lambda}{d} = \frac{\lambda}{d}$$

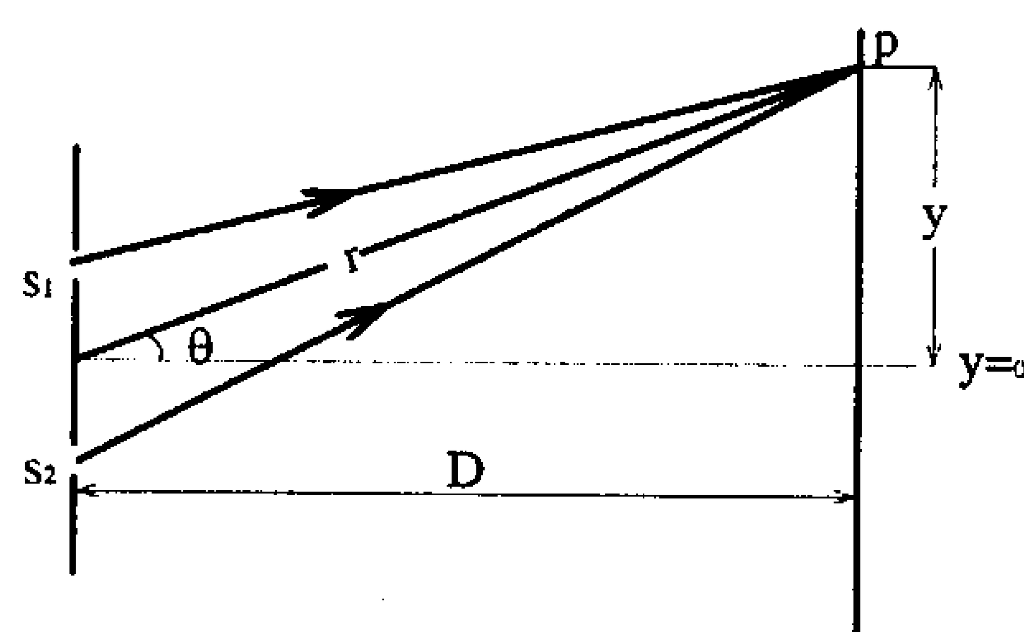
$$\Delta\theta = \frac{(m+1+\frac{1}{2})\lambda}{d} - \frac{(m+\frac{1}{2})\lambda}{d} = \frac{\lambda}{d}$$

- برای دو نوار روشن و تاریک متوالی داریم :

$$\Delta\theta = \frac{(m+\frac{1}{2})\lambda}{d} - \frac{m\lambda}{d} = \frac{m\lambda}{2d}$$

- برای عرض یک نوار (روشن و یا تاریک) $\Delta\theta = \dfrac{m\lambda}{2d}$

حال به بررسی فاصله خطی نوارها از نوار مرکزی می‌پردازیم :




$$\sin\theta \approx \theta \approx \tan\theta = \frac{y}{D}$$

$$\Rightarrow d\sin\theta \approx \frac{yd}{D}$$

مکان نوار روشن m $\quad d\frac{y_m}{D} = m\lambda \Rightarrow y_m = \frac{m\lambda D}{d}$

مکان نوار تاریک m $\quad d\frac{y_m}{D} = (m+\frac{1}{2})\lambda \Rightarrow y_m = \frac{(m+\frac{1}{2})\lambda D}{d}$

ـ فاصله دو نوار روشن متوالی و یا دو نوار تاریک متوالی

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d}$$

ـ فاصله یک نوار روشن و تاریک متوالی (برابر با عرض یک نوار)

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{2d}$$

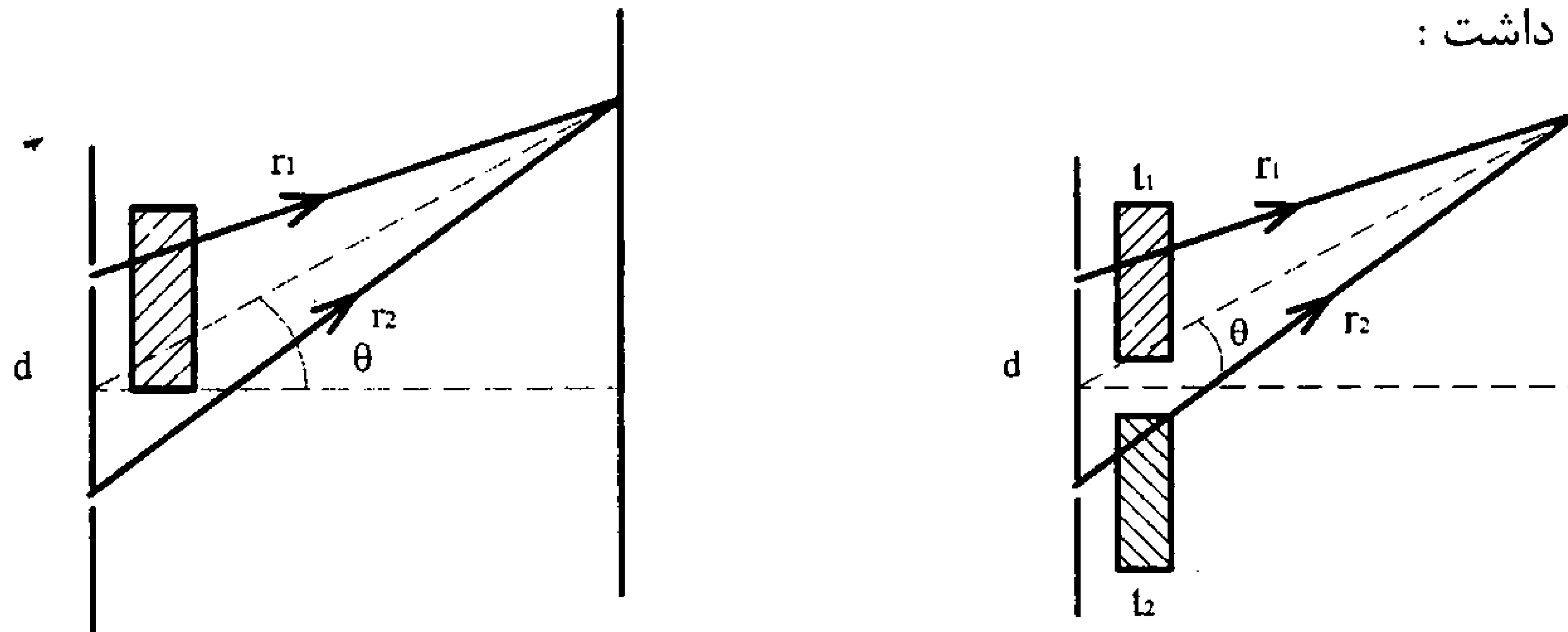
به بررسی چند حالت خاص می‌پردازیم.

**۱ـ** اگر کل آزمایش یانگ به جای انجام در هوا در محیطی با ضریب شکست n انجام گیرد چون $\lambda \to \frac{\lambda}{n}$ می‌شود فاصله تمام نوارها از نوار مرکزی کوچکتر شده و فاصله میان نوارها و عرض آنها نیز کمتر می‌شود.

**۲ـ** اگر آزمایش یانگ را با تاباندن دو طول موج $\lambda_1$ و $\lambda_2$ انجام دهیم دو سری نوار روشن و تاریک داریم. به عنوان مثال فاصله میان نوار روشن $m_1$ مربوط به طول موج $\lambda_1$ و نوار روشن $m_2$ مربوط به طول موج $\lambda_2$ عبارت است از :

$$\Delta y = \frac{(m_1\lambda_1 - m_2\lambda_2)D}{d}$$

**۳ـ** در صورتی که در جلوی یکی از شکافها و یا هر دوی شکافها تیغه قرار دهیم باید به تغییر اختلاف راه دقت داشت :




**الف)** در مقابل شکاف بالا تیغه‌ای به ضخامت $t_1$ و ضریب شکست n قرار داده‌ایم. بنابراین در حالی که نور در مسیر پایین مسافتی برابر $t_1$ را در هوا با ضریب شکست ۱ طی می‌کند نور در مسیر بالا مسافت $t_1$ را در محیطی با ضریب شکست n طی می‌کند.

$$\text{اختلاف راه} = (d \sin\theta + t) - t n = \begin{cases} m\lambda & \text{سازنده} \\ (m+\frac{1}{2})\lambda & \text{ویرانگر} \end{cases}$$

**ب)** نور در مسیر بالا مسافت $t_1$ را در محیطی با ضریب شکست $n_1$ و نور در محیط پایین مسافت $t_2$ را در محیطی با ضریب شکست $n_2$ طی می‌کند.

$$\text{اختلاف راه} = (d \sin\theta + t_2 n_2) - t_1 n_1 = \begin{cases} m\lambda & \text{سازنده} \\ (m+\frac{1}{2})\lambda & \text{ویرانگر} \end{cases}$$

## ۲- ۴ همدوسی

نقطه p بر روی پرده را در نظر می‌گیریم اختلاف راه $r_2 - r_1$ است و در نتیجه اختلاف فاز دو موج تداخل‌کننده $k\Delta r = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)$ است. اگر این اختلاف فاز $2\pi n$ باشد این نقطه در نوار روشن و اگر $\pi(2n+1)$ باشد در نوار تاریک است. در این حالت اختلاف فاز دو موج در نقطه p تنها به $r_2 - r_1$ بستگی داشته و به عبارتی برای هر نقطه p مقدار ثابتی است و در نتیجه نقش تداخلی ثابت است و نوارهای روشن و تاریک همیشه در مکانشان ثابت هستند و حال اگر دو چشمه $s_1$ و $s_2$ خود با هم اختلاف فاز ثابت $\phi$ را داشته باشند باز در هر نقطه p برای اختلاف فاز داریم $\phi + \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)$ که اگر برابر $2\pi n$ باشد آن نقطه مکان نوار روشن را می‌دهد.

اما اگر $\phi$ اختلاف فاز دو چشمه $s_1$ و $s_2$ ثابت نباشد در هر نقطه اختلاف فاز دو موج می‌تواند $\pi$، $2\pi$، $\frac{\pi}{2}$ و ... باشد که دائماً در حال تغییر است به عبارتی نقش تداخلی دائماً در حال تغییر است و قابل مشاهده نیست. در آزمایش یانگ باید دو چشمه $s_1$ و $s_2$ همدوس باشند و برای همین به جای آنکه دو چشمه $s_1$ و $s_2$ را مستقل انتخاب کنیم آنها را از چشمه s گرفتیم.

در حالتی که اختلاف فاز مقدار ثابتی دارد دو باریکه خارج شده از $s_1$ و $s_2$ را همدوس می‌نامند ولی اگر این اختلاف فاز ثابت نباشد دو باریکه خارج شده از $s_1$ و $s_2$ را ناهمدوس می‌نامند. اگر $E_1$ و $E_2$ دامنه دو موج تداخل‌کننده باشد به هنگام تداخل در نقطه‌ای خاص داریم :

دو موج همدوس: شدت برآیند $I \propto E^2$ و $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

دو موج ناهمدوس: شدت برآیند $I = I_1 + I_2$ و $I_2 \propto E_2^2$ و $I_1 \propto E_1^2$

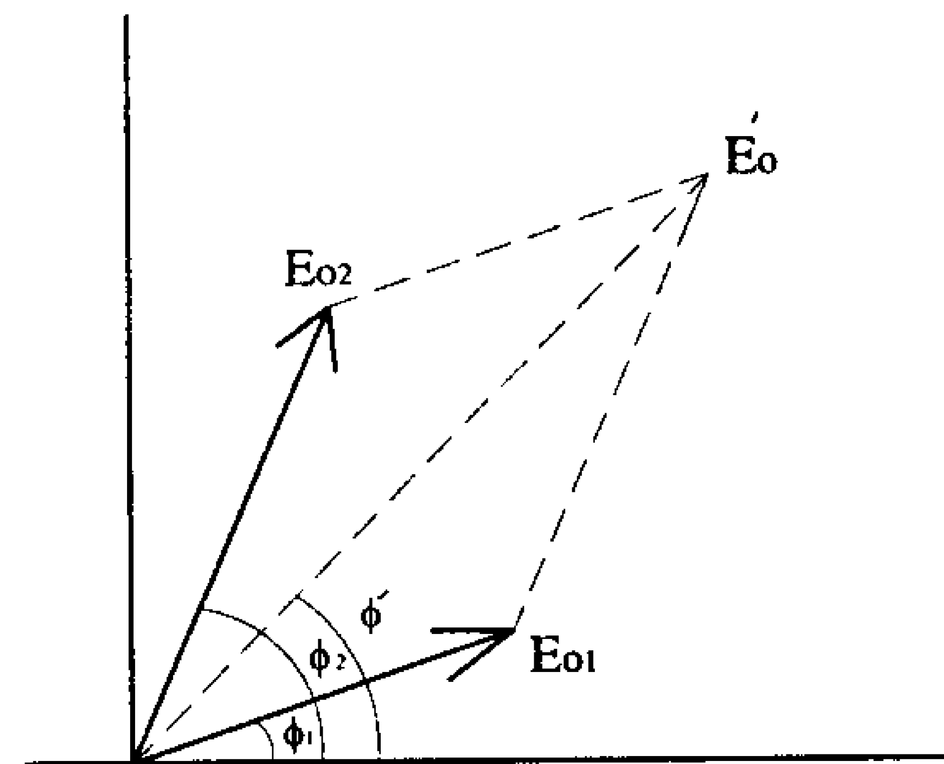
## ۳-۴ جمع اختلالهای موجی

دو اختلال موجی متغیر با زمان با بسامد زاویه‌ای (ω) ولی با دامنه متفاوت که دارای اختلاف فاز هستند را در نظر می‌گیریم. برآیند این را در نقطه‌ای خاص که با هم تداخل می‌کنند به دست می‌آوریم :

$E_1 = E_{\circ 1} \sin (\omega t + \phi_1)$

$E_2 = E_{\circ 2} \sin (\omega t + \phi_2)$

با توجه به آنکه تغییرات ωt در هر دو بردار مشترک است زاویه بردارها را با محور افقی فقط با $\phi_1$ و $\phi_2$ نشان دادیم.




$$E'_\circ = \sqrt{E_{\circ 1}^2 + E_{\circ 2}^2 + 2E_{\circ 1}E_{\circ 2}C\cos(\phi_2 - \phi_1)}$$

دامنه برآیند

$$\tan\phi' = \frac{E_{\circ y}}{E_{\circ x}} = \frac{E_{\circ 1}\sin\phi_1 + E_{\circ 2}\sin\phi_2}{E_{\circ 1}\cos\phi_1 + E_{\circ 2}\cos\phi_2}$$

با داشتن $E_\circ$ و $\phi$ برای بر آیند دو اختلال موجی داریم :

$$E = E_\circ' \sin (\omega t + \phi')$$

به عنوان مثال اگر $E_{\circ 1} = E_{\circ 2} = E_\circ$ و $\phi_1 = 0$ و $\phi_2 = \phi$ باشد داریم :

$$E'_\circ = \sqrt{2E_\circ^2 + 2E_\circ^2\cos\phi} = E_\circ\sqrt{2(1+\cos\phi)} = E_\circ\sqrt{2\left[2\cos^2\frac{\phi}{2}\right]}$$

$$= 2E_\circ \cos\frac{\phi}{2}$$

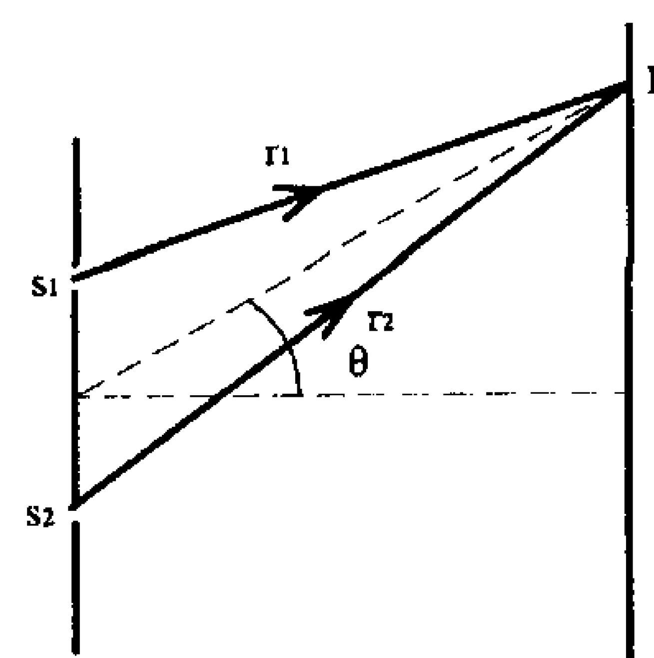
$$\tan\phi' = \frac{E_\circ(0) + E_\circ\sin\phi}{E_\circ(1) + E_\circ\cos\phi} = \frac{\sin\phi}{1+\cos\phi} = \frac{\sin\phi}{2\cos^2\frac{\phi}{2}} = \frac{2\sin\frac{\phi}{2}\cos\frac{\phi}{2}}{2\cos^2\frac{\phi}{2}}$$

$$= \tan\frac{\phi}{2} \Rightarrow \phi' = \frac{\phi}{2}$$

## ۴-۴ بررسی شدت در آزمایش یانگ

اختلال موجی بر آینه ناشی از دو موج در نقطه p را به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} E_1 = E_\circ \sin\omega t \\ E_2 = E_\circ \sin(\omega t + \phi) \end{cases}$$



$\beta = \frac{\phi}{2}$ و $E_\theta = 2E_0 \cos\beta$ و $E = E_\theta \sin(\omega t + \beta)$ برآیند $\quad E_\theta = 2E_0 \cos\frac{\phi}{2}$

البته می‌دانیم که چون نور در مسیر $r_2$ مسافت بیشتری نسبت به $r_1$ طی می‌کند دامنه موج آمده از $s_2$ نسبت به دامنه موج آمده از مسیر $r_1$ کمتر است ولی به صورت تقریبی هر دو را برابر و با $E_0$ نشان داده‌ایم :

$I_0 \propto E_0^2$ شدت هر یک از دو موج و $I_\theta \propto E_\theta^2$ شدت موج برآیند

$$\frac{I_\theta}{I_0} = \left(\frac{E_\theta}{E_0}\right)^2 = 4\cos^2\beta \Rightarrow I_\theta = 4I_0\cos^2\beta$$

$$\text{اختلاف فاز} = k\ (\text{اختلاف راه}) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta$$

$$\beta = \frac{\phi}{2} = \frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}$$

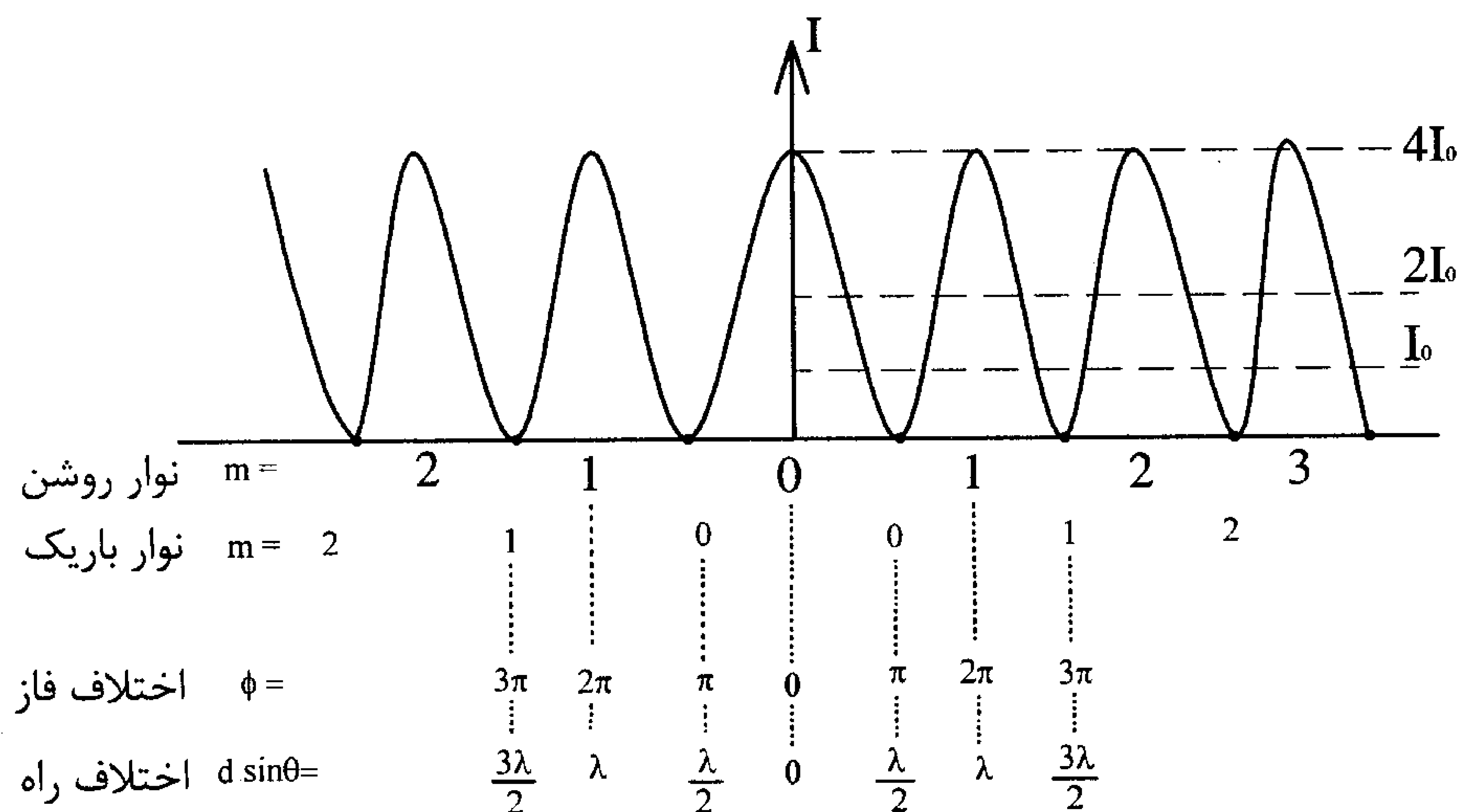
در نقاط با شدت ماکزیمم (وسط نوارهای روشن) $\quad \cos^2\beta = 1 \Rightarrow I_\theta = 4I_0$

$$\begin{cases} d\sin\theta = m\lambda & m = 0, 1, 2, \ldots \\ \frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta = \frac{2\pi}{\lambda}m\lambda \Rightarrow \text{اختلاف فاز} = \phi - 0 = \phi = 2m\pi \\ \beta = \frac{\phi}{2} = m\pi \end{cases}$$

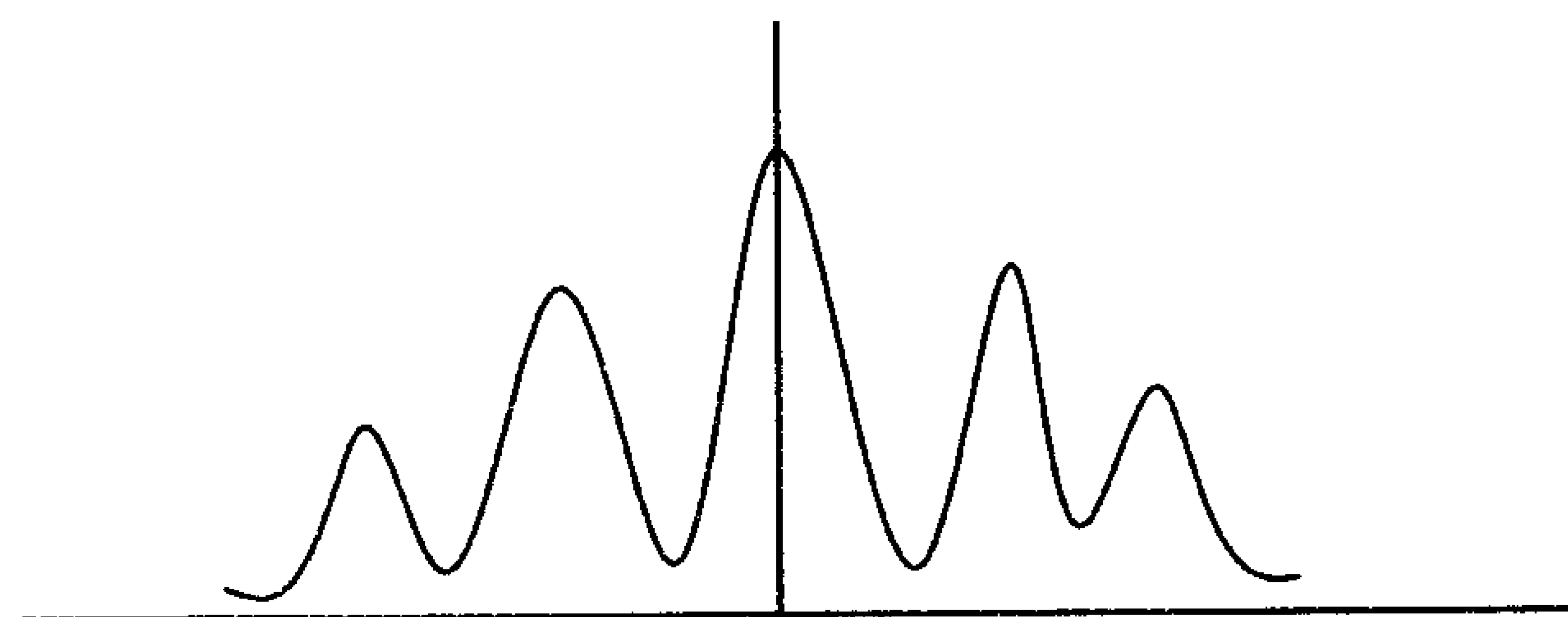
در نقاط با شدت حداقل (وسط نوارهای تاریک) $\quad \cos^2\beta = 0 \Rightarrow I_\theta = 0$

$$\begin{cases} d\sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda \\ \frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta = \frac{2\pi}{\lambda}(m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow \phi - 0 = \phi = (2m+1)\pi \\ \beta = \frac{\phi}{2} = (2m+1)\frac{\pi}{2} \end{cases}$$

در زیر نقش شدت برای تداخل با دو شکاف داریم. شدت در وسط نوارهای ماکزیمم $4I_0$ و در وسط نور تاریک صفر است. اگر هر یک از دو موج را به تنهایی داشتیم شدت در تمام نقاط $I_0$ بود. اگر در چشمه $s_1$ و $s_2$ ناهمدوس باشند نقش تداخلی دائماً در حال جابه‌جایی بوده و همه جا شدت $2I_0$ را داریم.



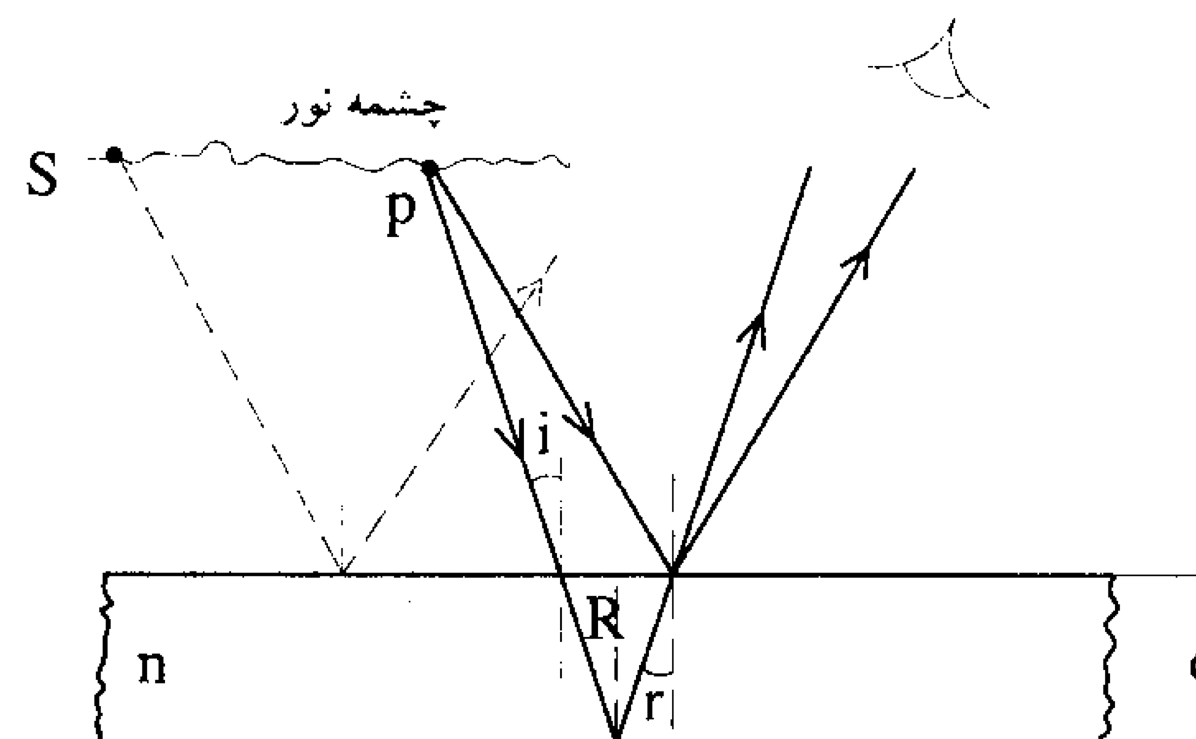

**نکته :** منحنی بالا یک منفی ایده‌آل است چرا که شدت در نوارهای تاریک صفر نیست به علت آنکه در نوارهای تاریک چون همواره $r_1$ و $r_2$ با هم متفاوتند(تنها در نور مرکزی که روشن است $r_1 = r_2$) یکی از دامنه‌ها از دیگری کوچکتر است، چون در امواج کروی دامنه با $\frac{1}{r}$ متناسب است. بنابراین دامنه در هر دو موج در نقطه p ، برابر $E_0$ نیست و در نتیجه در مرکز نوارهای تاریک اگر چه دو موج اختلاف فاز $\pi$ ، $3\pi$ و $5\pi$ و ... دارند ولی برآیند آنها صفر نیست. شکل واقعی نقش تداخلی به صورت زیر است.



در نوارهای روشن، غیر از نوارهای مرکزی نیز، دامنه امواج هر چه از چشمه‌ها دورتر می‌شویم از $E_0$ کمتر می‌شود و در نتیجه شدت از $4I_0$ کمتر خواهد شد.

## ۵- ۴ تداخل از فیلمهای نازک

یک فیلم نازک، یک لایه به ضخامت بسیار کوچک و با ضریب شکست n است که میان دو محیط با ضریب شکست متفاوت با n قرار گرفته است.




هنگامی که به فیلم نگاه می‌کنیم پرتوهایی که به جسم می‌رسد دو سری هستند. پرتوهایی که از سطح اول بازتاب پیدا می‌کنند و پرتوهایی که پس از شکست، در داخل فیلم و از سطح دوم بازتاب پیدا می‌کنند. اختلاف راه این پرتوها برابر است با :

$$\text{اختلاف راه} = R + R = 2R = 2\frac{d}{\cos r}$$

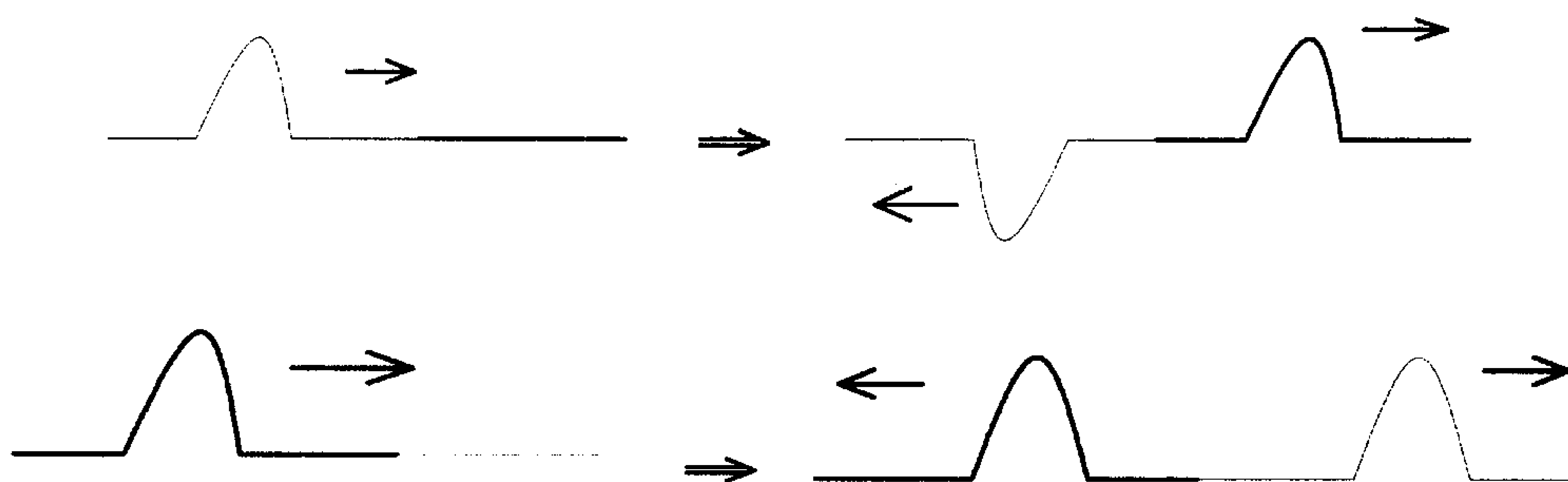
به علت کوچکی زوایا $\cos r \approx 1$ بنابراین اختلاف راه برابر $2d$ است.

**نکته مهم : تغییر فاز**

**۱ـ** هنگامی که نور از محیطی وارد محیط دیگر می‌شود اختلاف فازی پیدا نمی‌کند. مانند هنگامی که موج از طناب نازک وارد طناب ضخیم می‌شود و یا بالعکس.

**۲ـ** هنگامی که نور از محیط با ضریب شکست بیشتر به سطح مشترک با محیط دیگر با ضریب شکست کمتر برخورد می‌کند نور بازتاب اختلاف فاز پیدا نمی‌کند. مانند موجی که در طناب ضخیم به طناب نازک برخورد می‌کند.

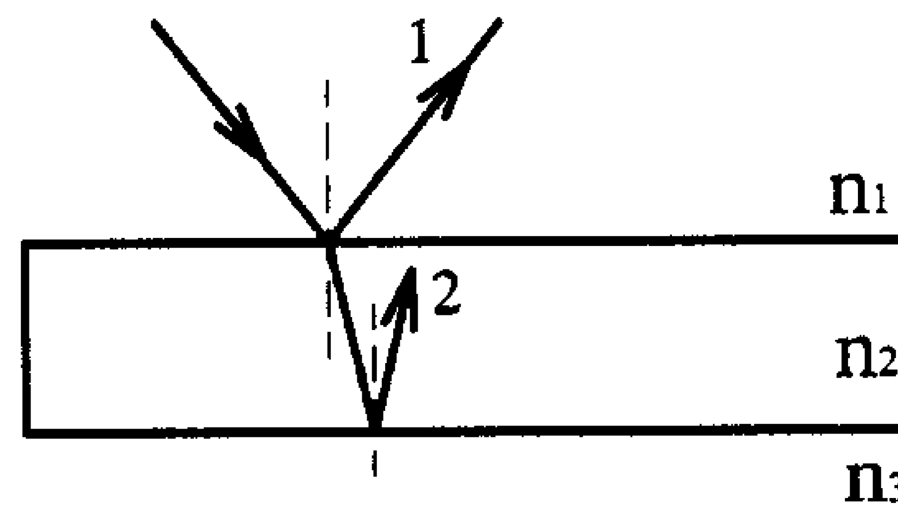
**۳ـ** هنگامی که نور به سطح مشترک با محیطی با ضریب شکست بیشتر برخورد کند موج بازتاب $180^\circ$ اختلاف فاز پیدا می‌کند. مانند موجی که در طناب نازک به طناب ضخیم برخورد می‌کند.



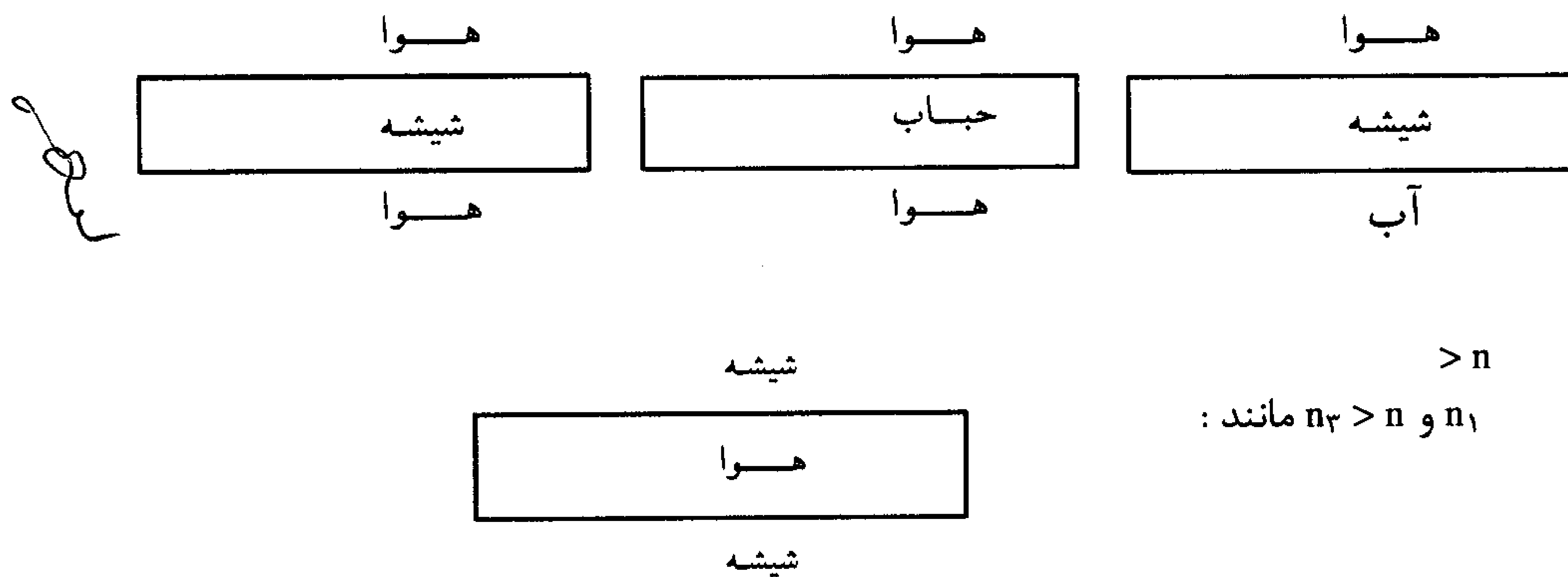
**شرط تداخل سازنده و ویرانگر شرط تداخل سازنده و ویرانگر**

با توجه به آنچه در مورد تغییر فاز نور بازتاب در بالا گفته شد دو حالت داریم :

**الف)**




$n_1 < n$ و $n_3 > n$ : در این حالت بازتاب (۱) از محیط با ضریب شکست بیشتر منعکس شده و به اندازه $\pi$ اختلاف فاز پیدا می‌کند در حالی که بازتاب (۲) از محیط با $n_3$ کمتر $(n_3 < n)$ منعکس شده و اختلاف فاز پیدا نمی‌کند مثل : یک فیلم نازک از شیشه در هوا، یک لایه حباب در هوا، یک لایه شیشه بین هوا و آب.




$> n$

$n_1$ و $n_3 > n$ مانند :

در این حالت بازتاب (۱) از محیطی با ضریب شکست کمتر منعکس می‌شود و اختلاف فازی پیدا نمی‌کند. اما بازتاب (۲) از محیطی با ضرب شکست بیشتر بازتاب پیدا می‌کند و $180^\circ$ اختلاف فاز پیدا می‌کند.

بنابراین در این حالات (در لایه با ضریب شکست n داریم : $\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$)

$$2d = (m + \tfrac{1}{2})\lambda_n \qquad \Rightarrow \begin{cases} 2nd = (m + \tfrac{1}{2})\lambda & \text{سازنده} \\ 2\,n\,d = m\,\lambda & \text{ویرانگر} \end{cases}$$

$$2\,d = m\,\lambda_n$$

توجه داشته باشید که هنوز هم شرط تداخل سازنده تغییر نکرده است :

شرط تداخل سازنده : $2\,m\,\pi = \pi$- (اختلاف راه) k = اختلاف فاز

$\Rightarrow$ k (اختلاف راه) $= (2\,m + 1)\;\pi$

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda_n} 2d = \frac{2\pi}{\lambda} 2nd = (2m+1)\pi$$

$$\Rightarrow 2nd = (m + \tfrac{1}{2})\lambda$$

(بنابراین مشاهده می‌کنیم که وجود اختلاف فاز $\pi$ سبب جابه‌جایی ظاهری شروط سازنده و ویرانگر شده است).

**ب)**

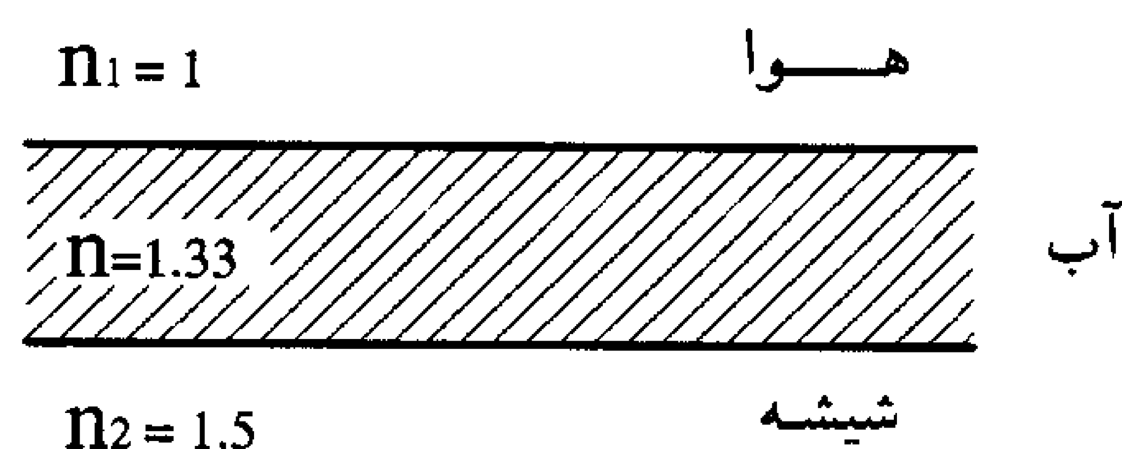
$n_3 > n > n_2$ : در این حالت هم بازتاب (۱) و هم بازتاب (۲) از محیط با ضریب شکست بیشتر روی داده‌اند بنابراین هر دو به اندازه $\pi$ تغییر فاز پیدا کرده‌اند و در نتیجه نسبت به یکدیگر اختلاف فاز جدیدی پیدا نکرده‌اند.

$n_3 < n < n_2$ : در این حالت هر دو بازتاب (۱) و (۲) از محیط با ضریب شکست کمتر روی‌داده‌اند و بنابراین هر دو تغییر فازی نداشتند بنابراین اختلاف فاز آنها تنها ناشی از اختلاف راه ۲ d است :

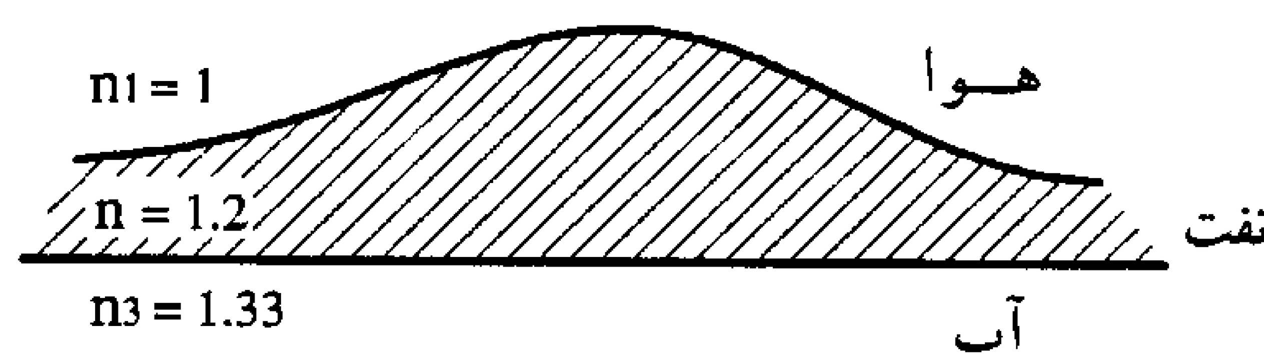
$$\begin{cases} 2nd = m\lambda & \text{تداخل سازنده} \\ 2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda & \text{تداخل ویرانگر} \end{cases}$$

به عنوان مثال :

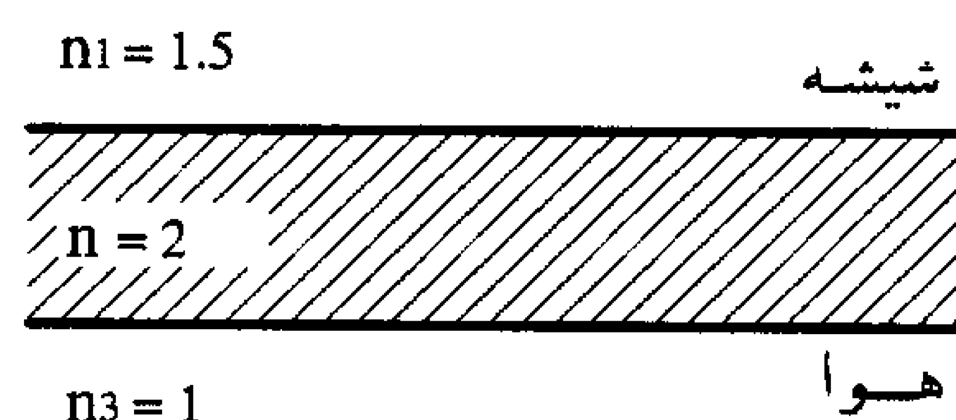
لایه آب میان شیشه و هوا




لایه نفت میان آب و هوا




فیلم نازکی به ضریب شکست n = ۲ میان شیشه و هوا




به چند مثال توجه کنید.

**مثال ۱)** نور سفید به طور عمود به سطح نازکی به ضخامت $۴/۰ \times ۱۰^{-۵}$ Cm می‌تابد. ضریب شکست فیلم ۱/۵ است. شدت چه طول موجی در طیف مرئی در اثر بازتابش از این سطح بیشتر می‌شود ؟

**پاسخ)** این فیلم در هوا قرار دارد بنابراین برای شرط تداخل سازنده داریم :

$$۲nd = (m + \frac{۱}{۲})\lambda \Rightarrow ۲(۱/۵)(۴\times ۱۰^{-۵}Cm) = (m + \frac{۱}{۲})\lambda$$

$m = ۰ \Rightarrow \lambda = ۲۴ \times ۱۰^{-۵}$ Cm = ۲۴۰۰ nm

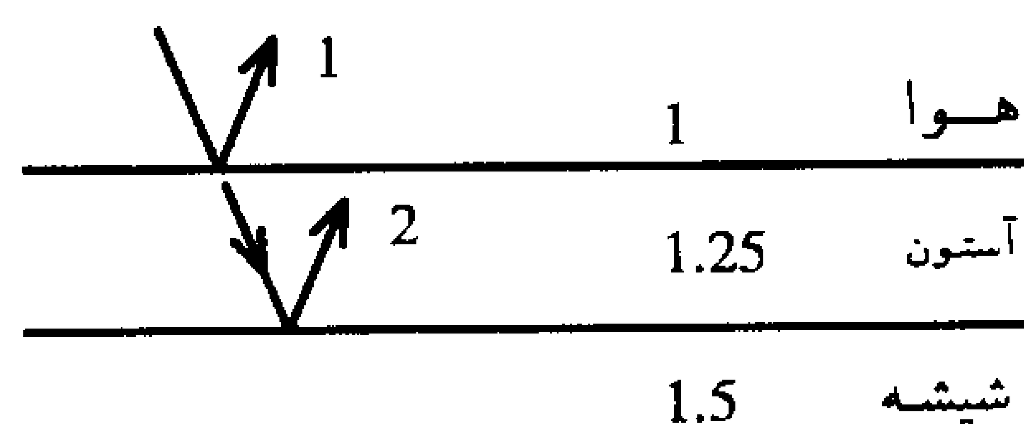
$m = ۱ \Rightarrow \lambda = ۸۰۰$ nm

$m = ۲ \Rightarrow \lambda = ۴۸۰$ nm

$m = ۳ \Rightarrow \lambda = ۳۴۲$ nm

بنابراین طول موج مربوط به نوار $m = ۲$ در ناحیه مرئی $۴۰۰ \text{ nm} < \lambda < ۷۰۰ \text{ nm}$ قرار دارد که نزدیک به نور آبی است.

**مثال ۲)** یک فیلم نازک آستون ($n = ۱/۲۵$) روی یک صفحه شیشه‌ای ضخیم ($n = ۱/۵$) را پوشانده است. امواج نوری تخت با طول موجهای گوناگون به طور عمود به سطح فیلم می‌تابند. با نگاه کردن به امواج بازتابیده معلوم می‌شود که تداخل کاملاً ویرانگر در ۶۰۰ nm و تداخل کاملاً سازنده در ۷۰۰ nm اتفاق می‌افتد. ضخامت فیلم آستون را حساب کنید.




**پاسخ)** هر دو بازتاب از محیطی با ضریب شکست بیشتر روی می‌دهد. بنابراین برای شرط تداخل سازنده و ویرانگر داریم :

m شماره نوارهای مربوط به تداخل سازنده و $m'$ مربوط به تداخل‌های ویرانگر است.

$۲ n d = m \lambda \Rightarrow ۲ (۱/۲۵) d = m (۷۰۰ \text{ nm})$ تداخل سازنده

$۲nd = (m' + \frac{۱}{۲})\lambda \Rightarrow ۲(۱/۲۵)d = (m' + \frac{۱}{۲})\lambda(۶۰۰ \text{ nm})$ تداخل ویرانگر

$\Rightarrow ۷۰۰ m = ۶۰۰ m' + ۳۰۰ \Rightarrow m' = m = ۳$

بنابراین نوار روشن $m = ۳$ و تاریک $m' = ۳$ مشاهده شده‌اند.

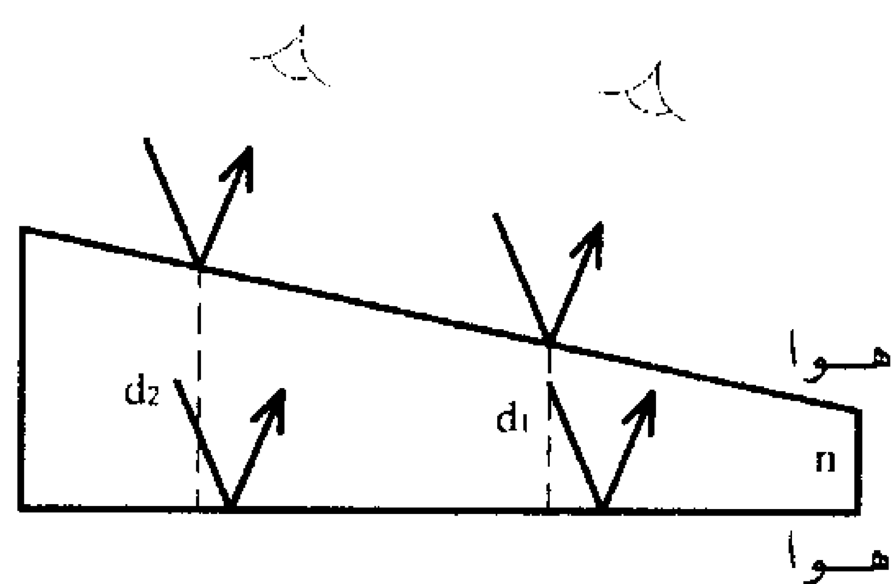
$۲ (۱/۲۵) d = ۳ (۷۰۰ \text{ nm}) \Rightarrow d = ۸۴۰ \text{ nm}$

## ۶-۴ فریزهای ضخامت ثابت

اگر ضخامت فیلم یکنواخت نباشد در قسمتهایی از آن تداخل سازنده و در قسمتهای دیگر تداخل ویرانگر صورت می‌گیرد. خطوطی مربوط به شدتهای ماکزیمم و شدت مینیمم به وجود می‌آیند. این خطوط همان فریزهای تداخلی هستند که به آنها فریزهای ضخامت ثابت می‌گوییم.

یک فیلم با ضخامت متغیر را در نظر می‌گیریم (مانند حباب آب صابون و یا لایه‌های روغن) اگر فیلم را به جای نور تکفام با نور سفید روشن کنیم، رنگهای درخشانی را مشاهده می‌کنیم :

هنگامی که به قسمتی که ضخامت آن $d_۱$ است نگاه می‌کنیم نور مربوط به طول موج مرئی $\lambda_N$ را مشاهده می‌کنیم (مربوط به $m = N$).




$$2nd_1 = (m+\frac{1}{2})\lambda \Rightarrow \begin{cases} m = 1 \\ m = 2 \\ \vdots \\ m = N \Rightarrow \lambda_N \text{ مرئی} \end{cases}$$

و اگر به قسمتی که ضخامت آن $d_2$ است نگاه کنیم رنگ مربوط به طول موجی مرئی $\lambda_{N'}$ را مشاهده می‌کنیم (مربوط به $m = N'$).

$$2nd_2 = (m+\frac{1}{2})\lambda \Rightarrow \begin{cases} m = 1 \\ m = 2 \\ \vdots \\ m = N' \Rightarrow \lambda_{N'} \text{ مرئی} \end{cases}$$

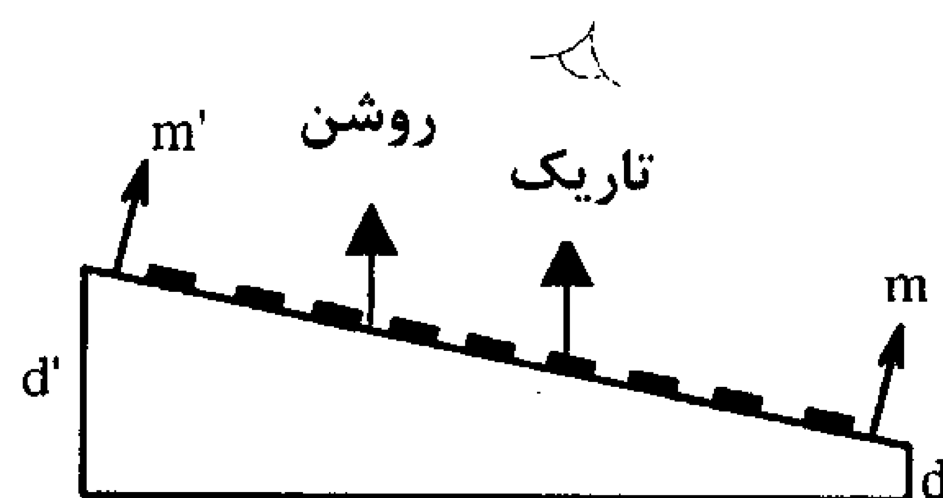
بنابراین با نگاه به نقاط مختلف فیلم، رنگهای مختلف را مشاهده می‌کنیم.

**نکته :** اگر بر یک فیلم با ضخامت ثابت یک نور تکفام بتابانیم، برای تداخل سازنده در آن طول موج تنها یک فریز با m مشخص داریم چرا که 2 nd و $\lambda$ ثابت هستند بنابراین یک m به دست می‌آید که این را در مثال قبلی (مثال ۲) مشاهده کردیم.

اما اگر ضخامت فیلم متغیر باشد می‌توان فریزهای گوناگونی با m های مختلف مربوط به طول موج تابیده به فیلم به دست آورد.

**مثال)** نوری با طول موج ۶۳۰ nm به طور عمود به یک فیلم نازک گوه‌ای شکل به ضریب شکست ۱/۵ می‌تابد. در طول فیلم ۱۰ فریز روشن و ۹ فریز تاریک تولید می‌شود. تغییر ضخامت فیلم از ابتدا تا انتها چقدر است ؟

**پاسخ)** m شماره فریز مشاهده شده در ضخامت d و m′ شماره فریز مشاهده شده در ضخامت d′ است.




$2nd = (m+\frac{1}{2})\lambda$ : (فریزهای روشن) شرط تداخل سازنده

$$\begin{cases} 2nd = (m+\frac{1}{2})\lambda \\ 2nd' = (m'+\frac{1}{2})\lambda \end{cases} \Rightarrow 2\,n\,(d' - d) = (m' - m)\,\lambda$$

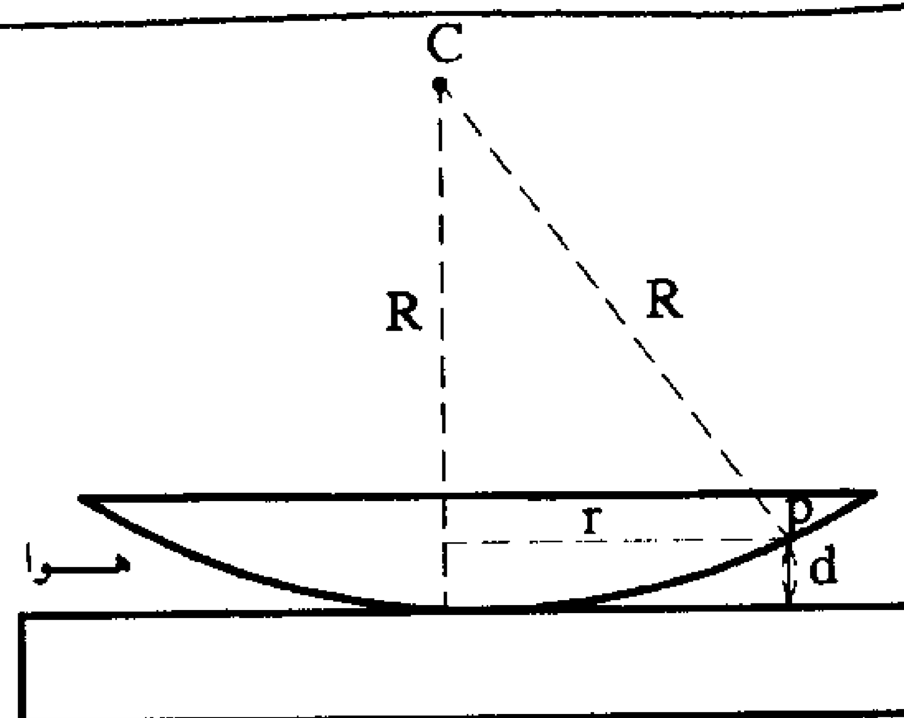
۱۰ نوار روشن و ۹ نوار تاریک در میان آنها مشاهده می‌شود (اگر نوار روشن اول $m = 1$ باشد نوار دهم $m' = 10$ است).

$$m' - m = 9$$

$$\Rightarrow d' - d = \frac{9\lambda}{2n} = \frac{9(630\ \text{nm})}{2(1/5)} = 1890\ \text{nm} \approx 1/9 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

## ۷-۴ حلقه‌های نیوتون

یک عدسی تخت محدب با شعاع انحنای R را بر روی یک تیغه شیشه‌ای کاملاً تخت قرار می‌دهیم و از بالا با نوری به طول موج λ به آن می‌تابانیم. فیلم هوای میان تیغه و عدسی سبب ایجاد فریزهایی حلقوی می‌شود.




به نقطه p که به فاصله r مرکز عدسی قرار دارد نگاه می‌کنیم.

$2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda$ شرط تداخل سازنده

$$d = (R - \sqrt{R^2 - r^2})\ ,\ r << R$$

هوا $n = 1 \Rightarrow 2(1)d = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 2(R - \sqrt{R^2 - r^2}) == (m + \frac{1}{2})\lambda$

$$2R(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}}) = (m + \frac{1}{2})\lambda\ ,\ \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}} \approx (1)^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(1)^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{-r^2}{R^2}\right)^1 + \dots$$

$$2R\left(1 - \left(\frac{1 - r^2}{2R^2}\right)\right) = \frac{r^2}{R} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r = \sqrt{(m + \frac{1}{2})\lambda R} \quad \text{و} \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots \\ r = \text{فاصله نوارهای حلقوی روشن تا مرکز} \end{cases}$$

با توجه به آنکه شرط تداخل ویرانگر $2\,n\,d = m\,\lambda$ است. برای نوارهای حلقوی تاریک داریم :

$$r = \sqrt{m\lambda R} \quad \text{و} \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

**توجه :**

در مرکز $r = 0$ است و به ازای $m = 0$ شرط تداخل ویرانگر برقرار است بنابراین مرکز حلقه‌ها تاریک است.

**نکته :**

فاصله میان دو حلقه روشن متوالی m و m + ۱ عبارت است از :

$$r_{m+1} - r_m = \sqrt{(m+1+\frac{1}{2})\lambda R} - \sqrt{(m+\frac{1}{2})\lambda R} = \sqrt{\lambda R m}\left[\left(1+\frac{3}{2m}\right)^{\frac{1}{2}} - \left(1+\frac{1}{2m}\right)^{\frac{1}{2}}\right]$$

برای m های بالا

$$\Delta r = \sqrt{\lambda R m}\left[\left(1^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(1)^{-\frac{1}{2}}(\frac{3}{2m}) + \ldots\right) - \left(1^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(1)^{-\frac{1}{2}}(\frac{1}{2m}) + \ldots\right)\right]$$

$$= \frac{1}{2m}\sqrt{\lambda R m} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\lambda R}{m}}$$

بنابراین هر چه از مرکز دور شویم فاصله میان دو حلقه روشن متوالی کاهش می‌یابد.

فاصله میان دو حلقه تاریک متوالی نیز همانند بالا به دست می‌آید.

$$\Delta r = r_{m+1} - r_m = \sqrt{(m+1)\lambda R} - \sqrt{m\lambda R} = \sqrt{\lambda R m}\left[\left(1+\frac{1}{m}\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right]$$

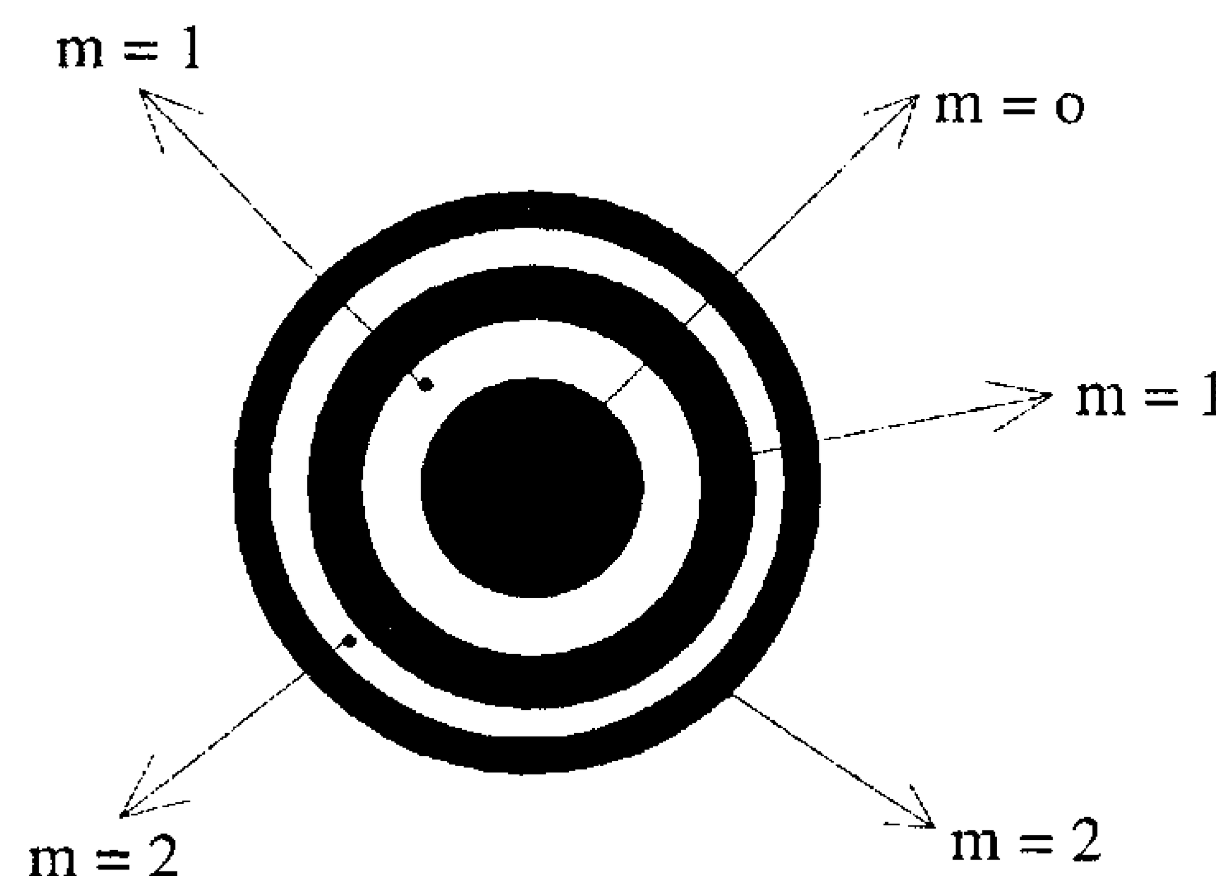
برای m های بالا $\quad \Delta r \approx \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\lambda R}{m}}$

**نکته** : مساحت محصور میان دو حلقه روشن متوالی (و میان دو حلقه تاریک متوالی)

$$s = \pi r_{m+1}^2 - \pi r_m^2 = \pi\left[\lambda R(m+1+\frac{1}{2})\right] - \pi\left[\lambda R(m+\frac{1}{2})\right]$$

$$= \pi \lambda R$$

در زیر حلقه‌های نیوتون (تا m = ۲ تاریک) ترسیم شده است.



## ۸- ۴ پرسشهای چندگزینه‌ای

**۱- در بررسی تداخل امواج در آزمایش یانگ در دو شکافی :**

**(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم دانشگاه آزاد اسلامی ۸۱)**

**۱ــ** فاصله دو شکاف باید از قطر شکافها کوچکتر باشد.

**۲ــ** قطر هر شکاف نسبت به طول موج نور تابیده شده خیلی بزرگتر باشد.

**۳ــ** فاصله دو شکاف باید کوچکتر از طول موج نور باشد.

**۴ــ** فاصله دو شکاف قابل مقایسه با طول موج نور باشد.

**۲- نور تک رنگ با طول موج ۶۰۰۰ آنگستروم به دو شکاف به عرض ۰/۱۵ میلی‌متر می‌تابد توزیع شدت نور در نوارهای تداخلی در فاصله ۱/۵ متر دورتر دیده می‌شود فاصله اولین ماکزیمم نسبت به نوار مرکزی برابر است با :**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)**

**۱ــ** ۶ میلی‌متر **۲ــ** ۱۲ میلی‌متر **۳ــ** ۲۴ میلی‌متر **۴ــ** ۳ میلی‌متر

**۳- نور حاصل از لیزر هلیوم ــ نئون (با طول موج ۶۳۰ نانومتر) به یک جفت به شکاف می‌تابد در نقش تداخلی روی پرده‌ای به فاصله‌ای ۱/۵ متر از شکافها، فاصله دو نوار روشن ۱/۳۵ سانتی‌متر است فاصله شکافها از یکدیگر چقدر است ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

**۱ــ** ۰/۰۰۷ سانتی‌متر **۲ــ** ۰/۰۷ سانتی‌متر

**۳ــ** ۰/۷ سانتی‌متر **۴ــ** ۰/۰۰۰۷ سانتی‌متر

**۴- یک دستگاه دو شکافی با نور تکفام ۵۸۹۰ آنگستروم، روشن می‌شود فاصله زاویه‌های نوارهای تداخلی ۰/۲ درجه است. برای کدام طول موج این فاصله ده درصد افزایش می‌یابد ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

**۱ــ** ۶۵۰۰ آنگستروم **۲ــ** ۵۴۰۰ آنگستروم **۳ــ** ۷۳۰۰ آنگستروم **۴ــ** ۶۸۰۰ آنگستروم

**۵- به وسیله دستگاه آزمایش یانگ که در هوا قرار دارد نوارهای تداخلی را بر روی صفحه‌ای تشکیل داده‌ایم و فاصله دو نوار روشن متوالی I می‌باشد اگر دستگاه را در مایعی به ضریب شکست n فرو ببریم، فاصله دو نوار روشن متوالی برابر خواهد بود با :**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)**

**۱ــ** $nI$ **۲ــ** $I(1-\frac{1}{n})$ **۳ــ** $\frac{I}{n}$ **۴ــ** $\frac{I}{n}-1$

۶- در آزمایش دو شکاف یانگ، فاصله شکافها از هم ۲ mm است و با طول موج $\lambda = ۷۵۰\ nm$ و $\lambda' = ۹۰۰\ nm$ روشن می‌شوند. اگر فاصله پرده تا شکافها ۲ m باشد، در چه فاصله مینیممی از نوار روشن مرکزی یک نوار روشن تداخلی مربوط به یکی از طول موجها، بر روی نوار روشن مربوط به طول موج دیگر منطبق می‌شود ؟

۱ـ $۴/۵ \times ۱۰^{-۳}$ mm ۲ـ $۳ \times ۱۰^{-۳}$ mm ۳ـ ۴/۵ mm ۴ـ ۳ mm

۷- یکی از شکافهای یک دستگاه دو شکافی یانگ را به یک لایه نازک شیشه‌ای به ضریب شکست $n = ۱/۵$ می‌پوشانیم نوار پنجم روشن $(m = ۵)$ به مرکز پرده منتقل می‌شود. اگر طول موج $\lambda = ۵ \times ۱۰^{-۴}$ mm باشد، ضخامت لایه شیشه‌ای برابر چند mm است ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)**

۱ـ $۱ \times ۱۰^{-۳}$ ۲ـ $۱/۶ \times ۱۰^{-۳}$ ۳ـ $۵ \times ۱۰^{-۳}$ ۴ـ $۱۶ \times ۱۰^{-۳}$

۸- روی شیشه‌ای لایه‌ای از یک ماده شفاف با ضریب شکست ۱/۲۵ به چه ضخامت قرار دهیم تا نور با طول موج ۶۰۰۰ آنگسترومی که به آن عمود می‌تابد بازتاب ندهد ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

۱ـ ۱۲۰ A ۲ـ ۱۲۰ nm ۳ـ ۱۲۰۰ nm ۴ـ ۱۲۰ nm

۹- نوری با طول موج ۶۳۰ نانومتر به طور عمودی بر روی لایه‌ای به شکل گوه با ضریب شکست ۱/۵ می‌تابد در طول این لایه ۱۰ نوار روشن و ۹ نوار تاریک تشکیل می‌شود. اختلاف ضخامت دو انتهای لایه چقدر است ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱ـ ۳/۱۱ میکرومتر ۲ـ ۲/۴۶ میکرومتر ۳ـ ۱/۸۹ میکرومتر ۴ـ ۰/۷۷ میکرومتر

۱۰- حلقه‌های نیوتونی توسط عدسی محدب ـ سطح واقع بر روی سطح تخته شیشه (مطابق شکل زیر) تشکیل می‌گردد اگر R شعاع عدسی، m مرتبه و $\lambda$ طول موج نور برخوردی باشد شعاع حلقه‌های تداخلی تاریک از چه رابطه‌ای به دست می‌آید ؟

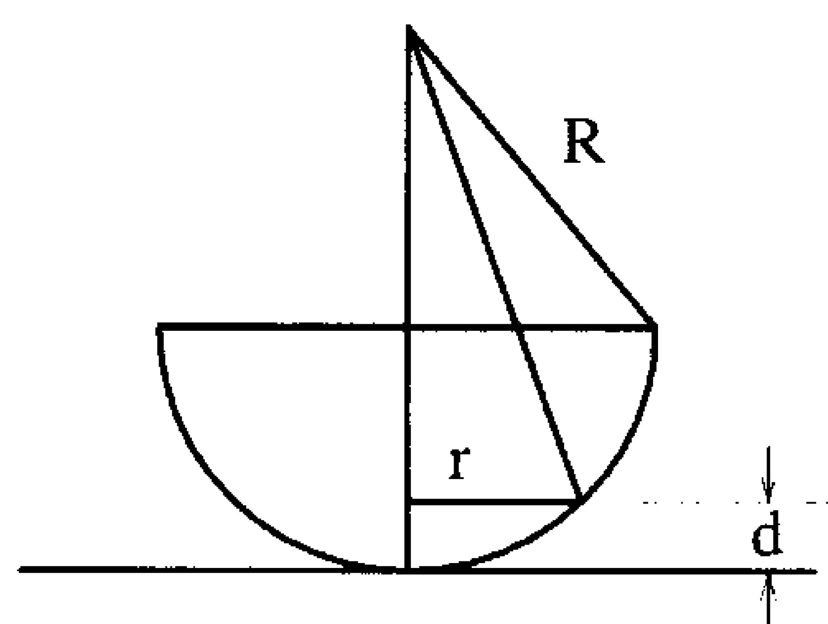
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸ و GRE)**

۱ـ $\sqrt{(m+۱)\lambda R}$

۲ـ $\sqrt{(m\lambda)}/R$

۳ـ $\sqrt{m\lambda R}$

۴ـ $\sqrt{m\lambda/R}$



۱۱- حلقه‌های نیوتون با نوری به طول موج ۴۰۰ نانومتر تشکیل می‌شوند. تغییر ضخامت لایه هوا در میان سومین و ششمین نوار روشن چند نانومتر است ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)**

۱ـ ۲۰۰ ۲ـ ۳۰۰ ۳ـ ۶۰۰ ۴ـ ۴۰۰

۱۲- تداخل سنج مایکلس را با نوری به طول موج ۵۸۹۰ آنگستروم روشن کرده و تیغه نازکی که ضریب شکست آن برای این طول موج ۱/۴ می‌باشد در یکی از راههای نوری تداخل سنج وارد می‌کنیم و مشاهده می‌نماییم که ۷ نوار تداخلی از میدان دید می‌گذرند ضخامت تیغه را به دست آورید ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)**

۱ـ ۱۱/۵۸ میکرون ۲ـ ۹/۱۱ میکرون ۳ـ ۷/۹۱ میکرون ۴ـ ۵/۱۵ میکرون

۱۳- در آزمایش دو شکاف یانگ که فاصله دو شکاف برابر ۰/۱ mm است، چنان چه صفحه در فاصله L = ۲ m قرار داشته باشد اولین روشنایی بیشینه در فاصله y = ۱ Cm از روشنایی بیشینه مرکزی واقع می‌شود طول موج نور تابیده شده را به دست آورید ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**

۱ـ ۴۰۰۰ A° ۲ـ ۸۰۰۰ A° ۳ـ ۱۰۰۰۰ A° ۴ـ ۵۰۰۰ A°

۵ـ $۵ \times ۱۰^{-۷}$ A°

## ۹-۴ پاسخهای تشریحی

۱- ۴)

۲- ۱) $\lambda = ۶۰۰۰\ A$ و $d = ۱/۵\ mm$ و $D = ۱/۵\ m$

$$y_m = \frac{m\lambda D}{d}, y_1 = \frac{(1)(۶۰۰۰ \times ۱۰^{-۱۰})(۱/۵)}{۱/۵ \times ۱۰^{-۳}} = ۶۰۰۰ \times ۱۰^{-۶}\ m = ۶ \times ۱۰^{-۳}\ m = ۶mm$$

۳- ۱) $\lambda = \frac{yd}{mD}$ رابطه طول موج در نقش تداخلی دو شکاف

$= ۷ \times ۱۰^{-۵}\ (m) = ۰/۰۰۷\ (Cm)$

D : فاصله پرده از شکافها $\quad d = \frac{\lambda m D}{d} = \frac{۶۳۰ \times ۱۰^{-۹} \times ۱ \times ۱/۵}{۱/۳۵ \times ۱۰^{-۲}}$

y : فاصله نوار روشن m ام از نوار روشن وسطی

d : فاصله شکافها از یکدیگر

۴- ۱) $\theta = ۰/۲° = ۰/۰۰۳۴۸\ rad \qquad \theta = \frac{m\lambda}{d}$

$\lambda = ۵۸۹۰\ A°$ و $\theta' = \theta + ۰/۱\ \theta$

$\theta = ۰/۲۲° = ۰/۰۰۳۸۳۸\ rad \qquad \sin\theta' = \frac{\lambda'}{d} \Rightarrow \frac{\theta}{\theta'} = \frac{\lambda}{\lambda'} \Rightarrow \frac{۰/۰۰۳۴۸}{۰/۰۰۳۸۳۸} = \frac{۵۸۹۰}{\lambda'}$

$\lambda' = ۶۵۰۰\ A°$

۵- ۳) $y = \frac{m\lambda D}{d}$

دو نوار روشن متوالی $\quad \Delta y = \frac{\lambda D}{d} = I$

در محیطی با ضریب شکست n $\quad \lambda_n = \frac{\lambda}{n} \Rightarrow \Delta y = \frac{\lambda_n D}{d} = \frac{\lambda D}{nd} = \frac{I}{n}$

۶- ۳) فاصله شکافها $d = ۲\ mm = ۲ \times ۱۰^{-۳}\ m$

فاصله پرده تا شکافها $D = ۲\ m$

مکان نوار روشن k ام $y_k = \frac{k\lambda D}{d}$

اگر نوار k ام مربوط به طول موج $\lambda$ روی نوار $k'$ از طول موج $\lambda'$ بیافتد.

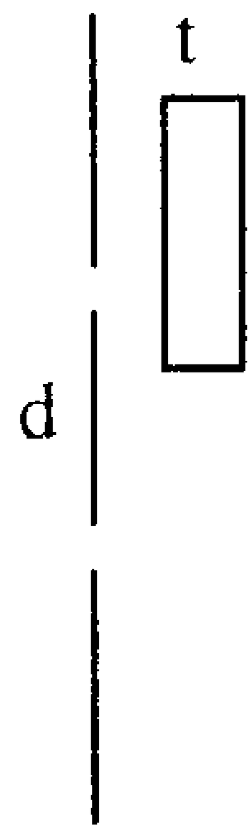
$$\frac{k\lambda D}{d} = \frac{k'\lambda' D}{d} \Rightarrow \frac{k}{k'} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{۹۰۰\ nm}{۷۵۰\ nm} = ۱/۲$$

$$\Rightarrow \frac{k}{k'} = ۱/۲ = \frac{۶}{۵} = \frac{۱۲}{۱۰}, ...$$

بنابراین دو نوار اولی که بر هم منطبق می‌شوند $k = ۶$ و $k' = ۵$ است و سپس نوارهای $k = ۱۲$ و $k' = ۱۰$ و ...

$$y_k = \frac{k\lambda D}{d} = \frac{۶(۷۵۰ \times ۱۰^{-۹} m)(۲m)}{۲\times ۱۰^{-۳} m} = ۴۵ \times ۱۰^{-۴} m = ۴/۵\times ۱۰^{-۳} m = ۴/۵mm$$

**۷- ۳)** $d \sin \theta = ۵ \lambda$ در غیاب تیغه

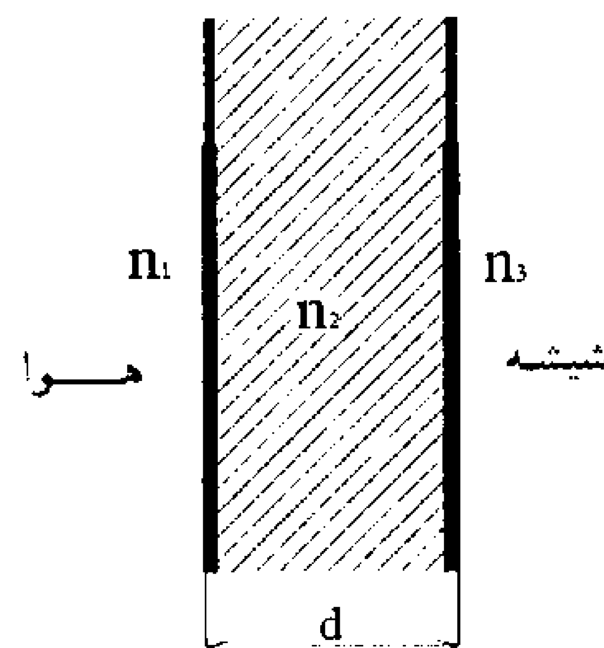



در حضور تیغه در حالی که نور آمده از شکاف پایین مسیر t (به اندازه ضخامت تیغه) را در هوا $n = ۱$ طی می‌کند نور آمده از شکاف بالا مسیر t را در محیطی با ضریب شکست n طی می‌کند.

$(d \sin \theta + t \times ۱) - t n = ۰ \lambda \Rightarrow ۵ \lambda + t - t n = ۰$ در حضور تیغه

$$\Rightarrow t = \frac{۵\lambda}{n-۱} = \frac{۵(۵\times ۱۰^{-۴} mm)}{۱/۵-۱} = ۵\times ۱۰^{-۳} mm$$

**۸- ۲)** چون $n_۱ < n_۲ < n_۳$ برای شرط نوار تاریک داریم :



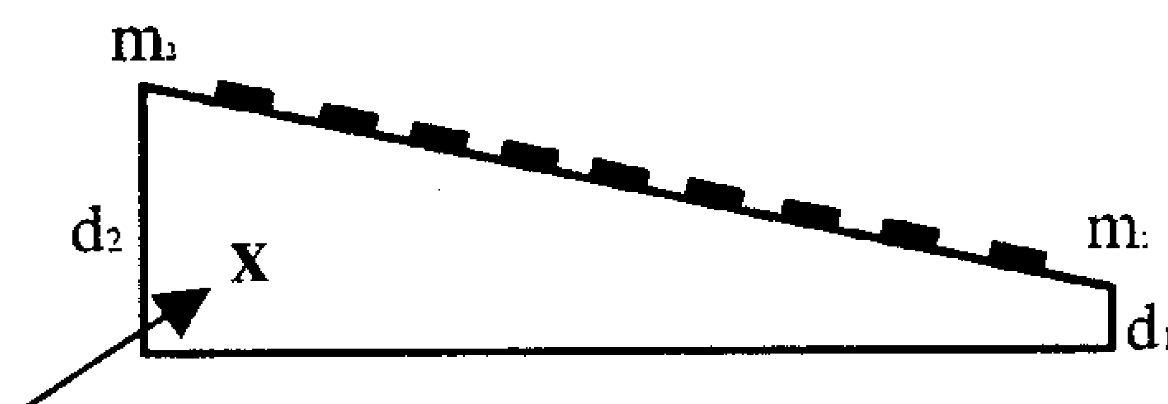

$$۲n_۲d = (m + \frac{۱}{۲})\lambda \qquad m = ۰ \text{ و } ۱ \text{ و } ۲ \text{ و } ...$$

ضریب شکست ماده شفاف : $n_۲$

برای حداقل ضخامت ناحیه شفاف $m = ۰$

$$d = \frac{\lambda}{۴n_۲} = \frac{۶۰۰۰ \ (A^\circ)}{۴\times ۱/۲۵} = ۱۲۰۰ \ (A^\circ) = ۱۲۰ \ (nm)$$

**۹- ۳)**




$x_۱ < x_۲ < x_۳$

$\lambda = ۶۳۰ \ nm$

$n = ۱/۵$

$\theta = ۹۰^\circ$

$\cos \theta = ۱$

$d = ?$

ده نوار روشن و۹نوارتاریک‌داریم اگر $m_۱$ شماره‌اولین و $m_۲$ شماره آخرین نوار روشن باشد $m_۲ - m_۱ = ۹$ (مثلاً $m_۱ = ۱$ و $m_۲ = ۱۰$) چون لایه با ضریب شکست $n = ۱/۵$ بین دو محیط با $n = ۱$ قرار دارد.

شرط نوار روشن : $۲nd = (m + \frac{۱}{۲})\lambda$

$$\Rightarrow ۲n(d_۲ - d_۱) = (m_۲ - m_۱)\lambda \Rightarrow d_۲ - d_۱ = \frac{۹\lambda}{۲n} = \frac{۹(۶۳۰)}{۲(۱/۵)}$$

$$= ۱۸۹۰ \ nm = ۱/۸۹ \ \mu m$$

**۱۰- ۳)** همان گونه که در خلاصه مطالب درس آمد $d \cong \frac{r^2}{2R}$

با توجه به آنکه لایه هوا با ضریب شکست ۱ بین دو محیط با ضریب شکست n قرار دارد برای شرط نوار تاریک داریم :

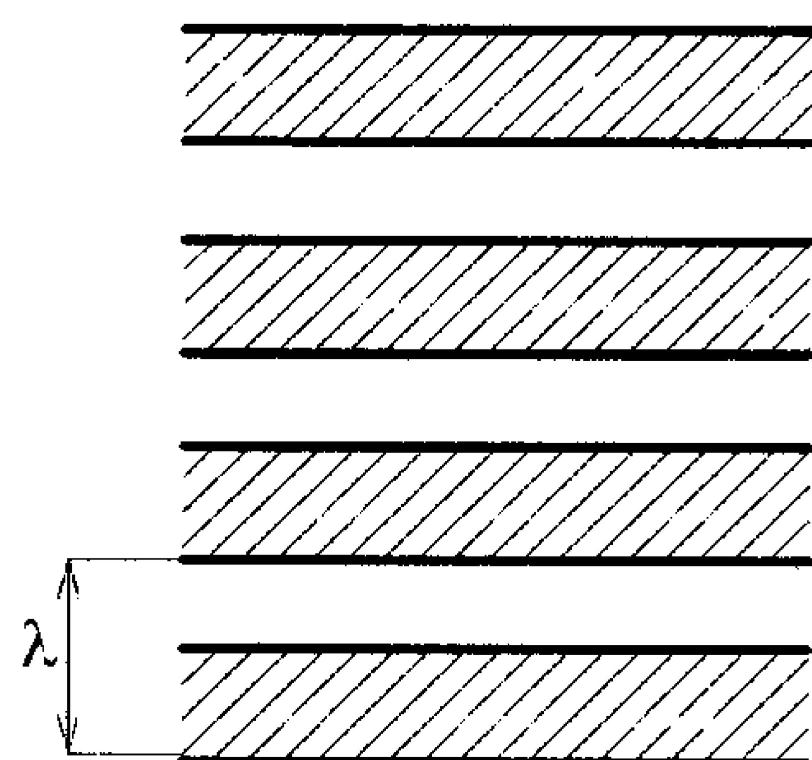
$$2nd = m\lambda \Rightarrow 2(1)\frac{r^2}{2R} = m\lambda \Rightarrow r = \sqrt{m\lambda R}$$

**۱۱- ۳)** $2nd = (m+\frac{1}{2})\lambda$ شرط نوار روشن

$$2\,(1)\,(d_6 - d_3) = (6-3)\,\lambda$$

$$\Rightarrow d_6 - d_3 = \frac{3\lambda}{2} = \frac{3(400\ nm)}{2} = 600\ nm$$

**۱۲- ۴)** هر نوار تداخلی (تاریک یا روشن) معادل $\frac{\lambda}{2}$ است بنابراین وقتی هفت نوار تداخلی از میدان دید عبور می‌کند در واقع اندازه طول طی شده برابر $3/5\ \lambda$ خواهد شد.




$e = ?$

$n = 1/4$

$\lambda = 5890\ A^\circ$

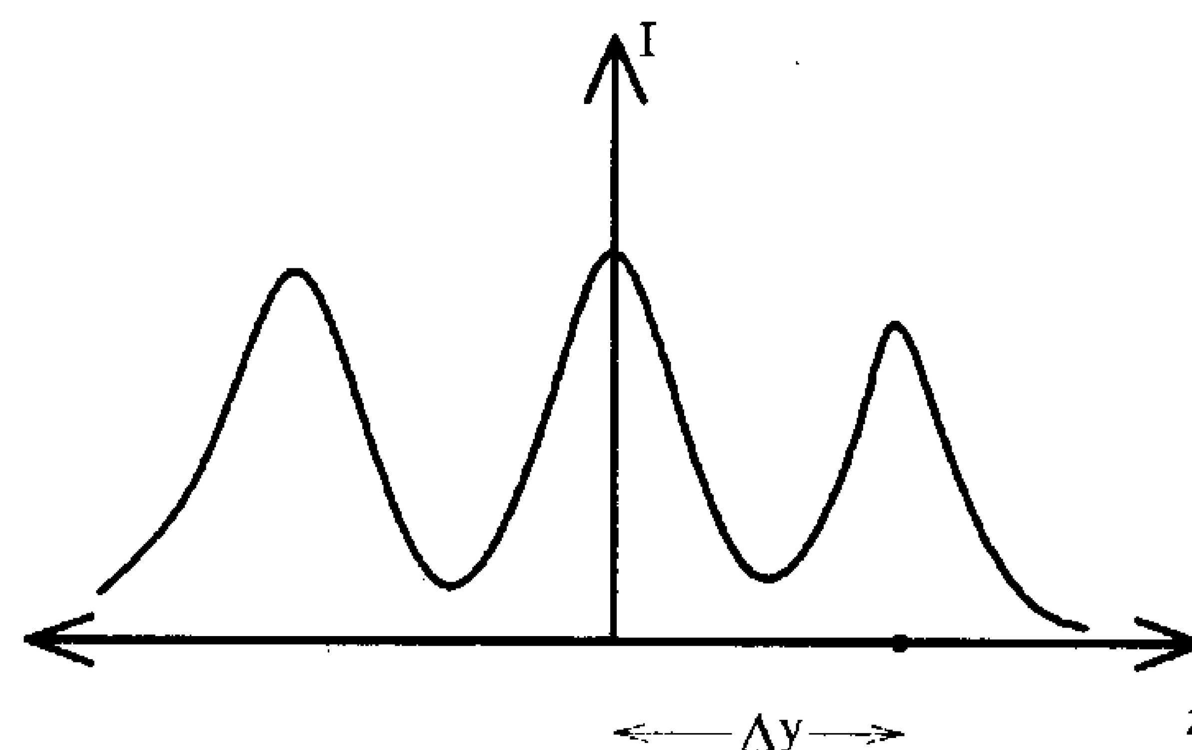
$$e\,(n-1) = k\,\lambda \Rightarrow e\,(1/4 - 1) = 3/5 \times 5890$$

$e = 51537.5\ A^\circ$ میکرون $e = 5/15$

**۱۳- ۴)** $\Delta y = L \sin\theta$ فاصله دو ماکزیمم

$d \sin\theta = \lambda \qquad \Delta y = L\frac{\lambda}{d}$

$$\lambda = \frac{d}{L}\Delta y = \frac{10^{-4}}{2}10^{-2} = 0/5\times10^{-6}\,m = 5000\ A^\circ$$



# فصل پنجم

# پراش

## ۱- ۵ مقدمه

پراش عبارت است از خم شدن نور دور مانعی مثل لبه یک شکاف. اگر از لای شکاف میان دو انگشت به چشمه نسبتاً دوری نگاه کنیم و یا از پشت چتر پارچه‌ای به چراغهای روشن خیابان نگاه کنیم، پدیده پراش را می‌بینیم. اگر چه هویگنس به نظریه موجی معتقد بود ولی پراش را باور نمی‌کرد ولی فرنل با درست از اصل هویگنس پدیده پراش را توضیح داد.

**پراش فرنل** : در پراش فرنل، چشمه نور و پرده‌ای‌که نقش پراش بر روی آن می‌افتد، در فاصله متناهی از روزنه پراش قرار دارد. (پرتو غیرموازی).

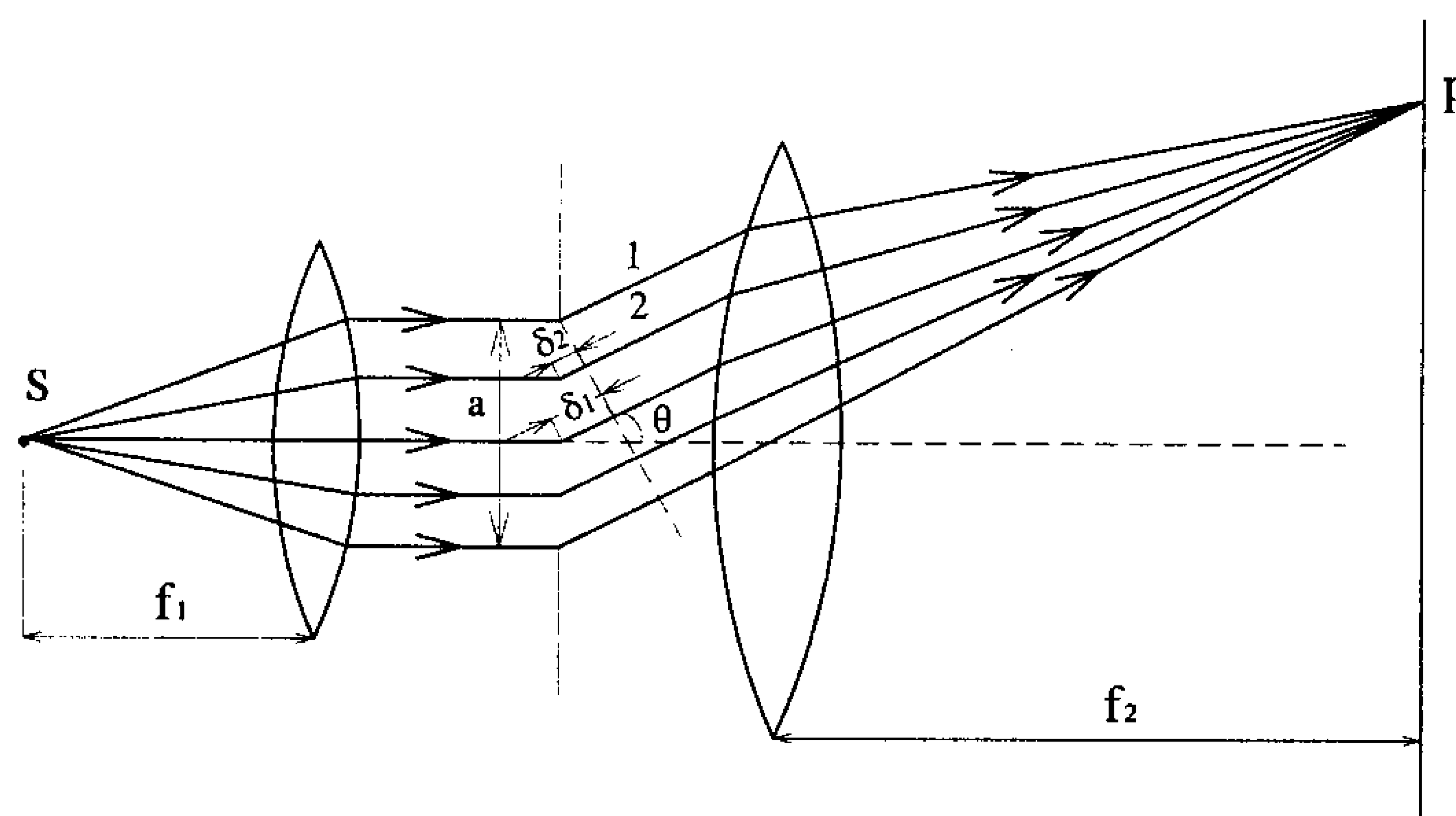
**پراش فرانهوفر** : در این پراش چشمه نور و پرده‌ای که نقش پراش بر روی آن می‌افتد در فاصله دوری از روزنه پراش می‌باشند. (پرتو موازی)

**( پراش فرانهوفر )** **( پراش فرنل )**

پراش فرانهوفر حالت حدی پراش فرنل است. در اینجا تنها به پراش فرانهوفر که ساده‌تر است پرداخته می‌شود. برای به وجود آوردن شرایط پراش فرانهوفر از عدسیها استفاده می‌کنیم و در نتیجه نقاطه S و P درنزدیکی روزنه باقی می‌مانند. در بررسی پراش ناشی از شکاف این موضوع را خواهیم دید.

## ۲-۵ تک شکاف

پراش حاصل از یک شکاف به پهنای a را بررسی می‌کنیم.




اگر نقطه p اولین مینیمم باشد اختلاف راه برابر $\frac{\lambda}{۲}$ است. مثلاً برای پرتوهای ۱ و ۲ داریم

$\delta_۱ = \frac{a}{۴}\sin\theta$ و

$$\frac{a}{۴}\sin\theta = \frac{\lambda}{۲} \Rightarrow a\sin\theta = ۲\lambda$$

و یا برای پرتوهای ۱ و ۳ داریم $\delta_۲ = \frac{a}{۲}\sin\theta$

$$\frac{a}{۲}\sin\theta = \frac{\lambda}{۲} \Rightarrow a\sin\theta = \lambda$$

بنابراین به طور کلی برای مینیممهای نقش پراش تک شکافی داریم :

$$a\sin\theta = m\lambda \qquad m = ۱ \text{ و } ۲ \text{ و } ۳ \text{ و } \cdots$$

تقریباً در میان هر دو مینیمم یک ماکزیمم وجود دارد به عنوان مثال برای اولین ماکزیمم داریم ۱/۵ = m ( البته با احتساب ماکزیمم مرکزی، در مرکز اختلاف راه برابر صفر و تداخل سازنده داریم).

دامنه و شدت پراش حاصل از تک شکاف از معادلات زیر به دست می‌آید. $E_m$ دامنه در مرکز پراش و $I_m$ شدت در مرکز پراش است.

$$E_\theta = E_m\frac{\sin\alpha}{\alpha}\ ,\ I_\theta = I_m\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^۲$$

که $\alpha = \frac{\phi}{۲} = \frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta$ است که $\phi$ اختلاف فاز میان پرتوهای ناشی از بالا و پایین شکاف است.

$$\text{اختلاف فاز} = \frac{۲\pi}{\lambda}\ (\text{اختلاف راه}) = \frac{۲\pi}{\lambda}\ a\sin\theta$$

در مینیمم‌ها داریم :

$$I = ۰ \Rightarrow \alpha = m\pi \Rightarrow \frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta = m\pi \Rightarrow a\sin\theta = m\lambda$$

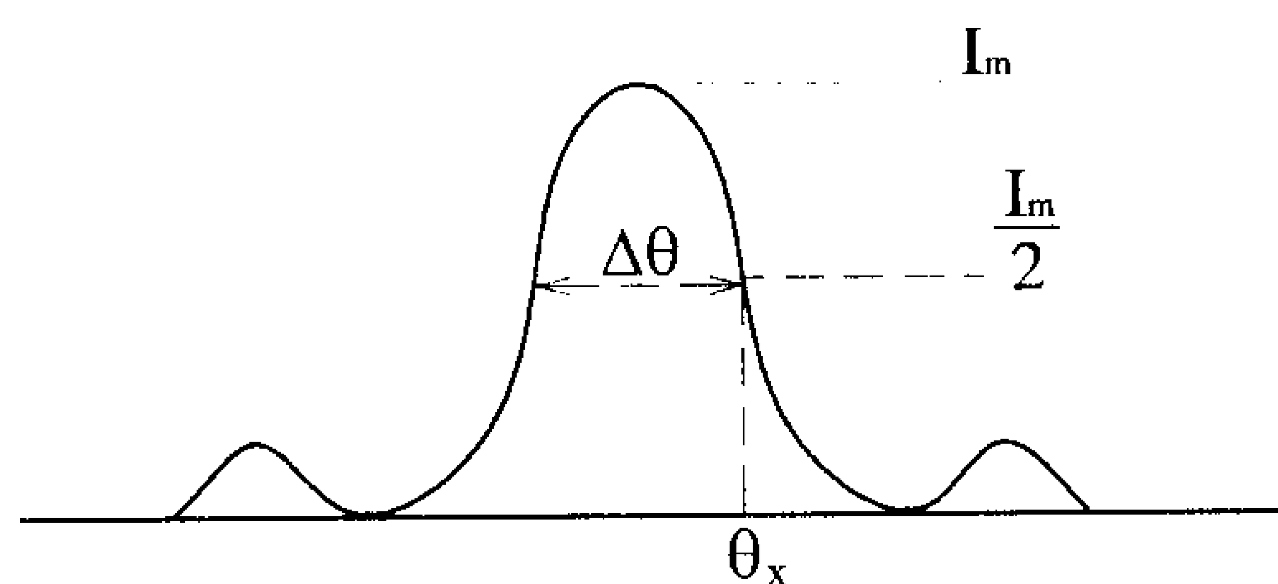
**نکته**

**۱ـ در مورد ماکزیممهای ثانوی، با توجه به آنکه تقریباً در وسط مینیممها قرار می‌گیرند داریم :**

$$\alpha \cong (m+\frac{۱}{۲})\pi \Rightarrow I_\theta = I_m\left[\frac{\sin(m+\frac{۱}{۲})\pi}{(m+\frac{۱}{۲})\pi}\right]^۲ = \frac{Im}{(m+\frac{۱}{۲})^۲\pi^۲}$$

**۲ـ پهنای ماکزیمم مرکزی پراش**

نیم پهنا عبارت است از زاویه میان دو نقطه‌ای (در نقش پراش) که شدت در آنها نصف شدت در مرکز نقش است.

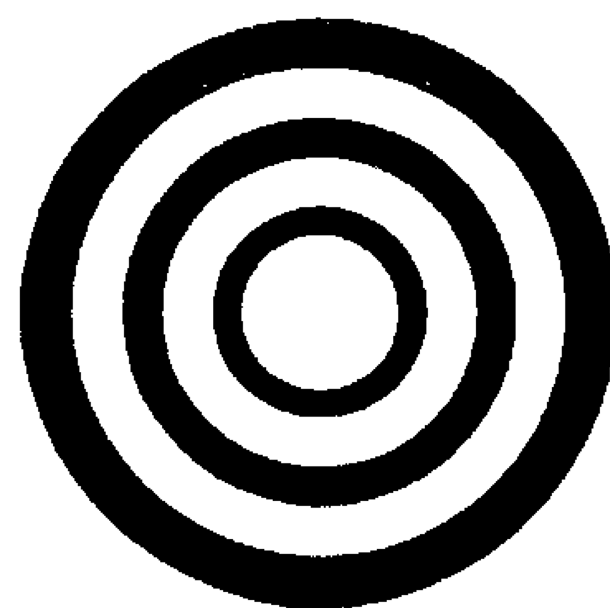


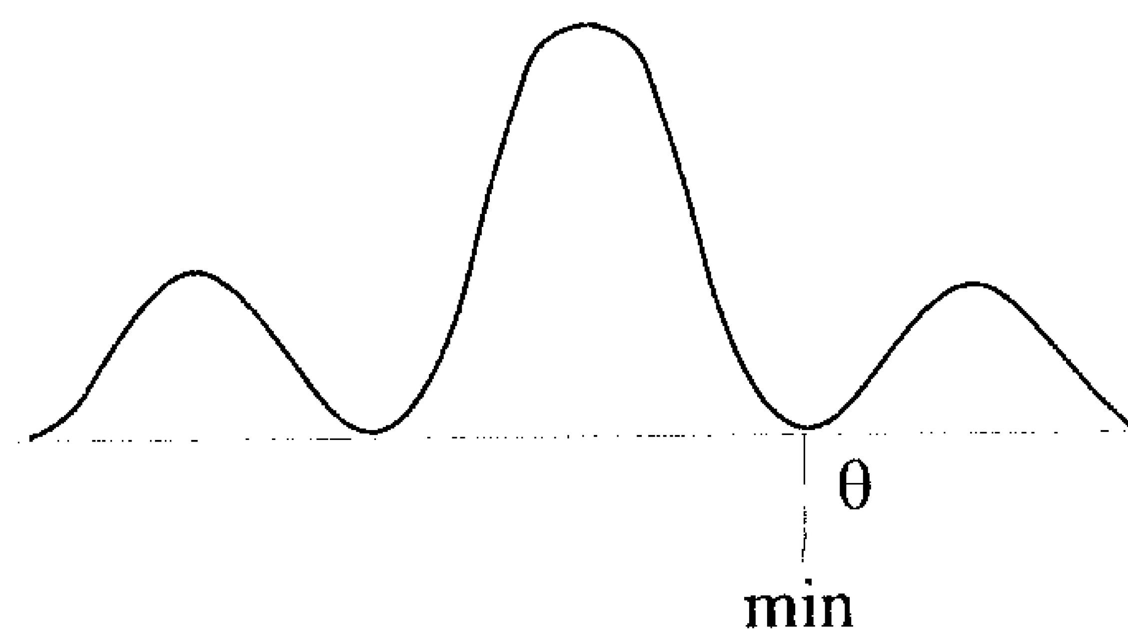

$$\frac{۱}{۲}\left(\frac{\sin\alpha_x}{\alpha_x}\right)^۲ \Rightarrow \alpha \approx ۱/۴\,rad = ۸۰^\circ$$

با توجه به رابطه $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta_x = ۱/۴$ و با داشتن $\frac{a}{\lambda}$ می‌توان $\Delta\theta_x = ۲\,\theta_x$ را به دست آورد.

## ۳- ۵ پراش در روزنه گرد

پراش از یک روزنه گرد به قطر d را در نظر می‌گیریم. این روزنه می‌تواند لبه‌های یک عدسی باشد (قبلاً در بررسی عدسیها فقط نور هندسی را بررسی کرده‌ایم و اثرات ناشی از پراش را در نظر نگرفتیم). اگر تصویر یک چشمه نور دور دست را بر فیلم عکاسی مشاهده کنیم خواهیم دید که تنها یک نقطه نورانی نداریم بلکه تصویر به جای یک نقطه نورانی به صورت یک قرص روشن با حلقه‌های روشن ثانویه است که هر چه از مرکز دورتر شویم ضعیف‌تر می‌شوند. در شکل زیر چند حلقه اولیه ترسیم شده است.

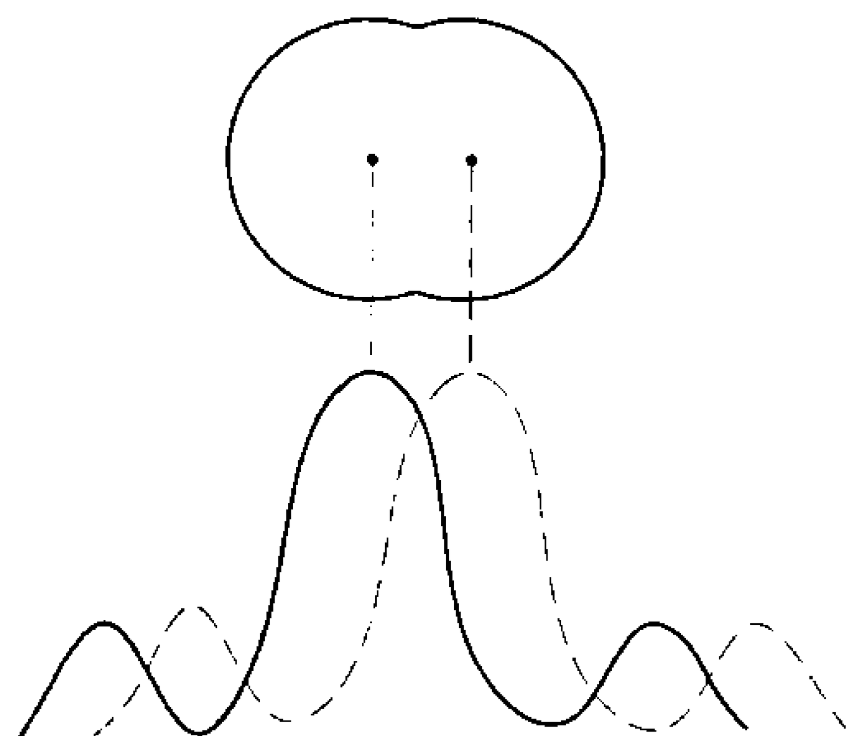




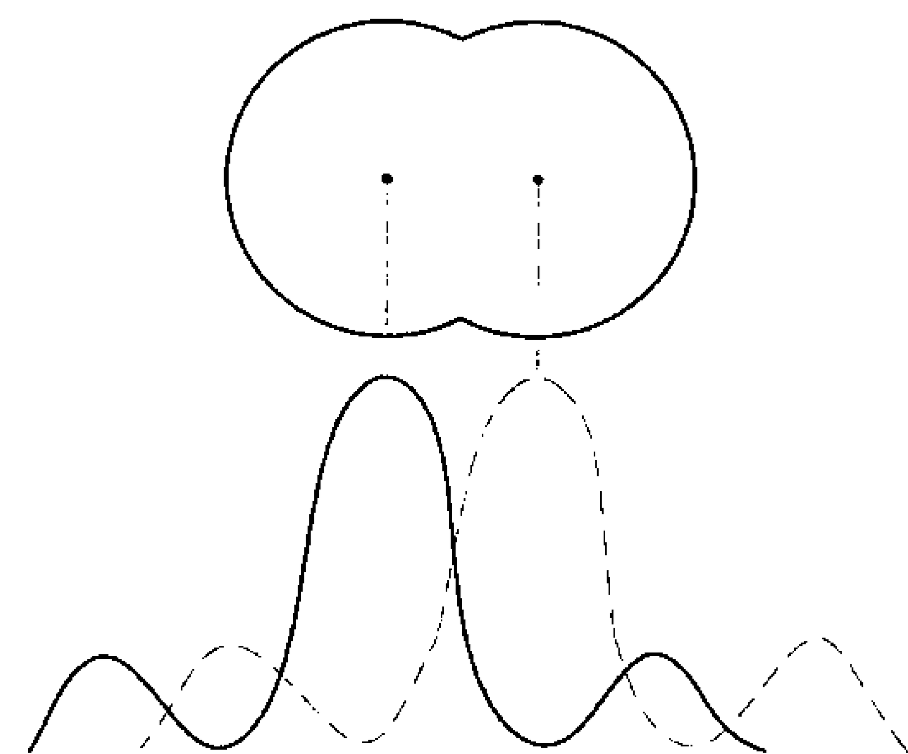
اولین مینیمم $\sin\theta = ۱/۲۲\frac{\lambda}{d}$ ← قطر روزنه

**معیار تفکیک**

فرض کنید تصویر دو شئ دور دست (مثلاً دو ستاره) یک عدسی تشکیل شده است. اگر دو قرص مرکزی بسیار به هم نزدیک باشند، این دو تصویر از هم قابل تشخیص نخواهد بود.



مرکز دو قرص روشن مرکزی آنقدر به هم نزدیکند که از یکدیگر قابل تشخیص نیستند.



اما اگر فاصله دو قرص، حداقل به اندازه‌ای باشد که قله مرکزی یکی بر روی مینیمم دیگری بیافتد (مرکز هر قرص روی لبه قرص دیگر)، دو قرص از یکدیگر قابل تشخیص‌اند.

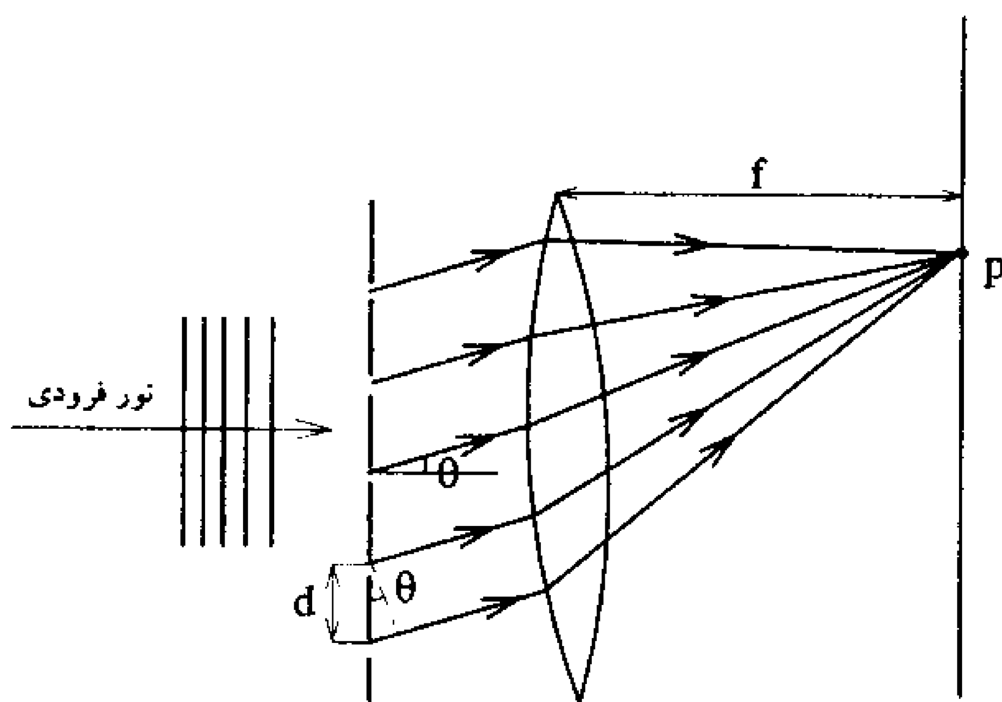
این فاصله برابر است با θ مربوط به اولین نوار تاریک :

$$\theta_R = \sin^{-1}\frac{۱/۲۲\lambda}{d}$$

$f\,\theta_R$ = فاصله میان مرکز نقشهای پراش در صفحه کانونی عدسی

## ۴- ۵ چند شکافیها

اگر آزمایش یانگ را تعمیم داده و تعداد شکافها را به عدد بزرگ N برسانیم، یک توری پراش داریم.




برای ماکزیممهای اصلی : $d\sin\theta = m\lambda$

اگر $\Delta\theta_\circ$ متناظر با وضعیت شدت صفر در هر طرف ماکزیمم اصلی مرکزی

$$\sin(\Delta\theta_\circ) = \frac{\lambda}{Nd}$$

$\Delta\theta_\circ = \frac{\lambda}{Nd}$ نیم پهنای زاویه ماکزیمم اصلی مرکزی

کمیت $\frac{d\theta}{d\lambda}$ که پاشندگی نوری (D) نامیده می‌شود، معیاری برای جدایی زاویه‌ای میان دو موج فرودی تکفام است که با هم اختلاف کوچکی دارند.

$$D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d\cos\theta}$$

به عبارتی، جدایی زاویه‌ای دو ماکزیمم اصلی که اختلاف طول موجهایشان $\Delta\lambda$ باشد، عبارت است از :

$$\Delta\theta = \frac{m\Delta\lambda}{d\cos\theta}$$

### توان تفکیک توریها

برای آنکه امواج نوری که طول موجهایشان به هم نزدیک است از همدیگر قابل تشخیص باشند باید ماکزیممهای این طول موجها که به وسیله توری تشکیل می‌شوند، تا حد امکان باریک باشند، به عبارتی توان تفکیک (R) باید زیاد باشد.

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$$ توان تفکیک

$\lambda$ میانگین طول موجهای دو خط طیفی است که به سختی از یکدیگر به صورت مجزا دیده می‌شوند و $\Delta\lambda$ اختلاف میان این طول موجها است. اثبات می‌شود که :

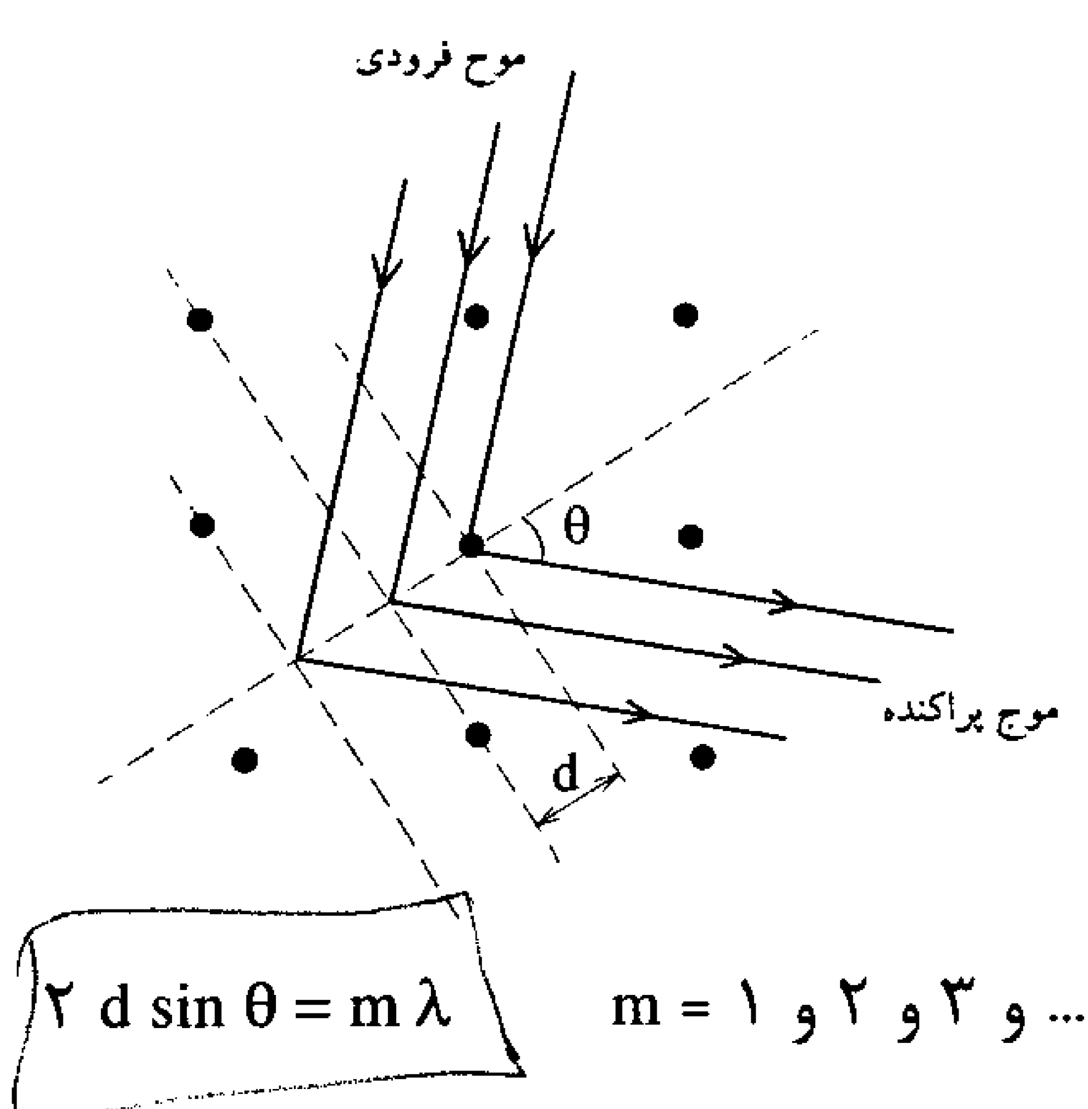
$$R = N m$$

که N تعداد کل شیارهای توری و m نماینده مرتبه است.

## ۵ -۵ قانون براگ

قانون براگ شرایطی را می‌دهد که خروج باریکه‌های پراشیده پرتو X از بلور امکان دارد. خط‌چین‌های مورب نشان‌دهنده مجموعه‌ای از صفحات دلخواه است که از مراکز پراش‌دهنده بنیادی می‌گذرند. فاصله عمودی میان دو صفحه مجاور برابر d است.

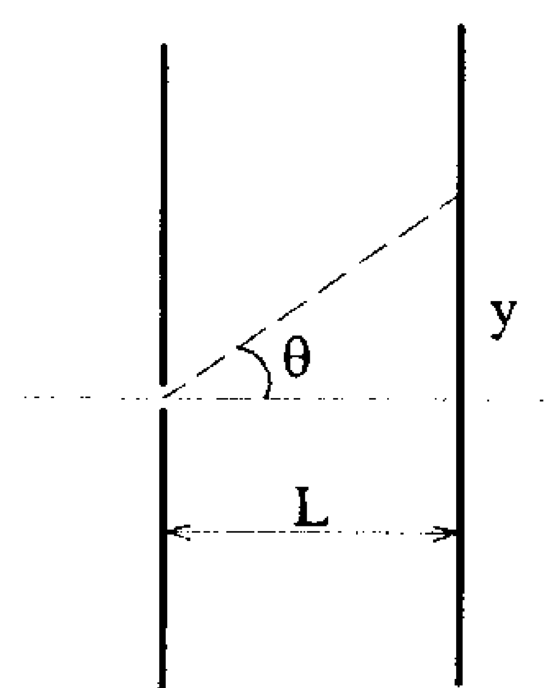
برای آن‌که باریکه‌ای که از کل صفحه‌های یک خانواده از صفحات، پراشیده می‌شود تداخل سازنده داشته باشد داریم :




$$۲ d \sin\theta = m\lambda \qquad m = ۱ \text{ و } ۲ \text{ و } ۳ \text{ و } ...$$

## ۶-۵ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- یک دسته پرتو تک رنگ با طول موج λ با قطر d برخورد می‌نماید پرتو عبوری بر روی پرده‌ای که به فاصله L از شکاف واقع است در فاصله y بالای وسط نوار مرکزی مشاهده می‌شود. اگر فاصله y نیمه راه اولین نوار با شدت مینیمم باشد نسبت $I(y)/I_\circ$ چقدر است ؟
($I_\circ$ شدت وسط نوار مرکزی می‌باشد). **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸ و GRE)**




۱- $\frac{1}{2}$
۲- $\frac{1}{e}$
۳- $\frac{2}{\pi}$
۴- $\frac{4}{\pi^2}$

۲- شخصی می‌خواهد اشیاء به فاصله جدایی یک متر از یکدیگر را که در فاصله ۱۰۰۰۰ متری است تشخیص دهد طول موج نور را $6000\ A^\circ$ فرض کنید. مینیمم قطر عدسی دایره‌ای موردنیاز چند سانتی‌متر است ؟

۱- ۲/۹ ۲- ۱/۴ ۳- ۰/۷ ۴- ۰/۱

۳- فاصله‌ای که چشم می‌تواند دو منبع نور شیاری به فاصله جدایی ۲ متر را از هم تمیز دهد چقدر است هر گاه قطر مردمک چشم ۳ میلی متر و طول موج مربوط ۶۰۰۰ آنگستروم باشد ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷ و ۷۸)**

۱- ۴/۱ کیلومتر ۲- ۸/۲ کیلومتر ۳- ۱۲ کیلومتر ۴- ۱۶ کیلومتر

۴- فرض کنید شخصی بخواهد دو شئ با فاصله یک متر از یکدیگر را از مسافت ۱۰ کیلومتری تشخیص بدهد اگر طول موج نور را ۶۰۰۰ انگستروم در سطر بگیریم. حداقل قطر عدسی مدور موردنیاز چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵ و ۷۶)**

۱- ۰/۳۳ سانتی‌متر ۲- ۰/۱۵ سانتی‌متر ۳- ۱/۴۵ سانتی‌متر ۴- ۰/۷۳ سانتی‌متر

۵- دانشمندی می‌خواهد تصویری از یک جسم زرد که در فاصله دوری از یک دوربین بین روزنه‌ای (Pinhole camera) قرار دارد تهیه نماید به طوری که تصویر دارای حداکثر وضوح باشد اگر طول موج نور λ، قطر روزنه d و فاصله روزنه تا فیلم (محل تصویر) D باشد، d را به دست آورید ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸ و GRE)**

۱- $\sqrt{2/44\lambda D}$
۲- $1/22\ \lambda^2/D$
۳- $2/44\ \lambda^2/D$
۴- $\sqrt{\lambda D}$

۶- قطر ظاهری ماه تقریباً $\frac{۱}{۲}$ درجه است قطر تصویر ماه که توسط عدسی شئ دوربین به خوبی تشکیل می‌شود چند سانتی‌متر است ؟ (فاصله کانونی عدسی ۱۷/۴ متر است).
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)**

۱ـ ۱۴/۱۸ ۲ـ ۱۵/۱۸ ۳ـ ۱۵/۸۱ ۴ـ ۱۴/۸۱

۷- توری پراش تخت را در نظر بگیرید. d فاصله بین خطوط موازی، m مرتبه پراش، θ زاویه مشاهده است. پاشندگی زاویه‌ای $\frac{d\theta}{dL}$ را برای نور تابشی با طول موج λ بیابید ؟
**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

۱ـ $\frac{\sin\theta}{\lambda}$ ۲ـ $\frac{\cos\theta}{\lambda}$

۳ـ $\frac{\mathrm{Co}\tan\theta}{\lambda}$ ۴ـ $\frac{\tan\theta}{\lambda}$

۸- یک دسته پرتو ایکس تکفام بر یک بلور کلرید سدیم که جدایی شبکه‌ها در آن ۳ انگستروم است فرود می‌آید. هر گاه جهت تاباندن پرتو را تغییر دهیم تا نسبت به عمود بر صفحه بلور زاویه ۶۰ درجه درست کند، ردیف نخست بازتاب براگ مشاهده می‌شود. طول موج پرتو ایکس چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)**

۱ـ ۳ انگستروم ۲ـ ۵ انگستروم ۳ـ ۷ انگستروم ۴ـ ۹ انگستروم

۹- میزان شدت پراش در آزمایش تک شکاف فرانهوفر از رابطه، $x = \pi d y / \lambda L$ هر گاه $I = I_\circ \sin^2(x) / x^2$ فوق به دست می‌آید هر گاه d پهنای شکاف و y فاصله آشکارساز و L فاصله پرده تا شکاف باشد مقدار شدت جمع شده چقدر است ؟ $\int_{-\infty}^{+\infty} I(y)dy$ ?
**(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**

۱ـ صفر ۲ـ $I_\circ \lambda L/d$

۳ـ $I_\circ \lambda d/L$ ۴ـ $I_\circ d L/\lambda$

۵ـ $I_\circ$

۱۰- شخصی می‌خواهد اشیا به فاصله جدایی یک متر از یکدیگر را که در فاصله ۱۰۰۰۰ متری است تشخیص دهد طول موج نور $6000\ A^\circ$ فرض کنید. مینیمم قطر عدسی دایروی مورد نیاز چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**

۱ـ ۲/۹ سانتی‌متر ۲ـ ۱/۴ سانتی‌متر

۳ـ ۰/۷ سانتی‌متر ۴ـ ۰/۳ سانتی‌متر

۵ـ ۰/۱ سانتی‌متر

۱۱- فاصله‌ای که چشم می‌تواند دو منبع نور شیاری به فاصله جدایی ۲ متر را از هم تمیز دهد چقدر است ؟ هر گاه قطر مردمک چشم D = ۳ Cm و طول موج مربوط ۶۰۰۰ A° باشد.

**(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**

۱ـ ۴/۱ km ۲ـ ۸/۲ km ۳ـ ۱۲ km ۴ـ ۱۶ km

۵ـ ۲ km

۱۲- توری پراش عبوری تخت را در نظر بگیرید. d فاصله بین خطوط موازی، m مرتبه و θ زاویه مشاهده است پاشندگی زاویه‌ای $\frac{d\theta}{d\lambda}$ را برای نور تابشی با طول موج λ بیابید ؟

**(کنکور کارشناسی ارشد GRE)**

۱ـ $\sin\theta/\lambda$ ۲ـ $\cos\theta/\lambda$ ۳ـ $\text{Co}\tan\theta/\lambda$ ۴ـ $\tan\theta/\lambda$

۵ـ $\text{Sec}\,\theta/\lambda$

## ۷-۵ پاسخهای تشریحی

۱- ۴) $a\sin\theta = m\lambda = (1)\lambda \Rightarrow \theta \approx \sin\theta = \frac{\lambda}{a}$ برای اولین نوار مینیمم

$\Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{\lambda} a\sin\theta = \pi$

$\theta \approx \frac{\lambda}{2a} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{\lambda} a\left(\frac{\lambda}{2a}\right) = \frac{\pi}{2}$ اگر y در نیمه راه نوار min تا مرکز باشد.

$$I_\theta = I_0\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 = I_0\left(\frac{\sin\frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}}\right)^2 = I_0\left(\frac{4}{\pi^2}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{I_\theta}{I_0} = \frac{I(y)}{I_0} = \frac{4}{\pi^2}$$

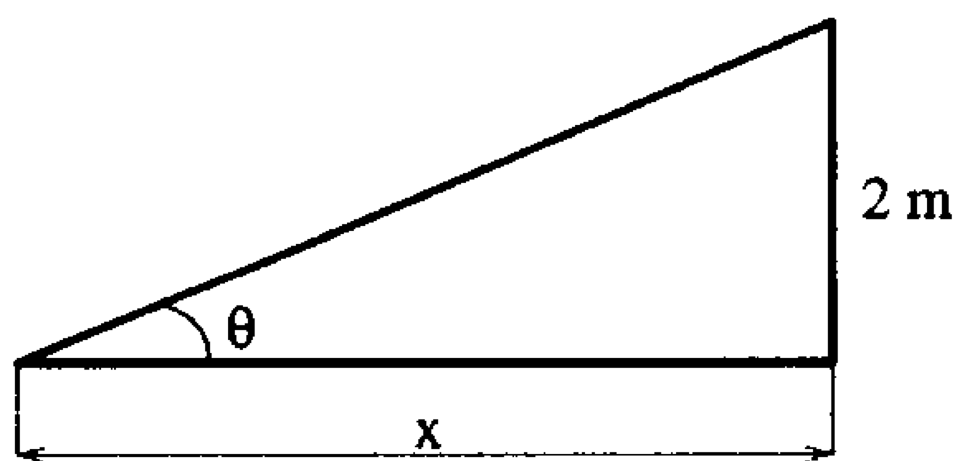
۲- ۳) $10000\ \text{m}$ = فاصله شخص تا دو شئ و $x = 1\ \text{m}$ جدایی میان دو شئ

$x = 10000\ \theta \Rightarrow \theta = 10^{-4}\ \text{rad}$

$\theta = 1/22\frac{\lambda}{d} \Rightarrow$ قطر عدسی $= 1/22\frac{\lambda}{\theta} = 1/22\frac{6000\times10^{-10}\ \text{m}}{10^{-4}}$

$= 7/32\times10^{-3}\ \text{m} = 0/73\times10^{-2}\ \text{m} \approx 0/7\ \text{Cm}$

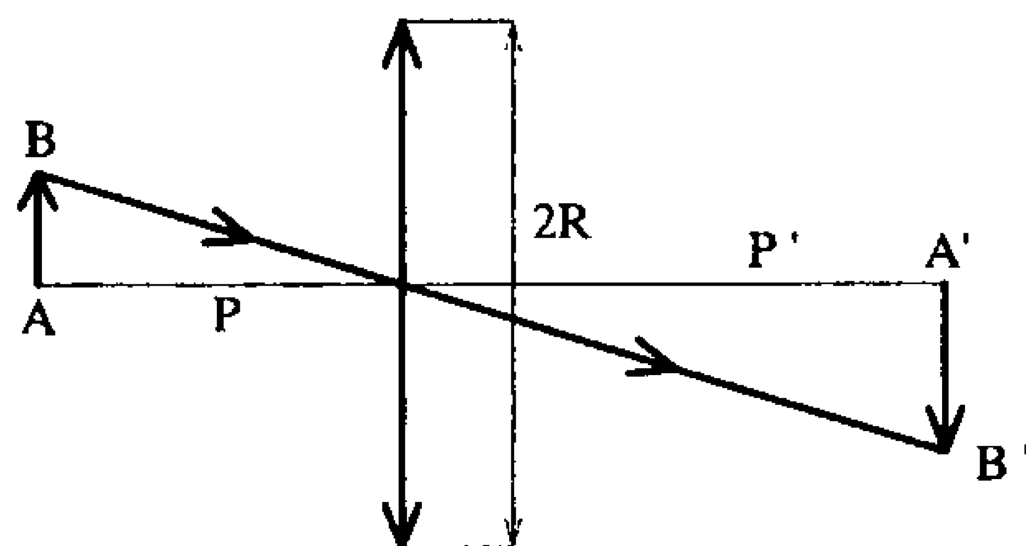
۳- ۲) شرایط جداسازی رایلی : $\sin\theta \sim \theta = 1/22\frac{\lambda}{d}$




$\theta = 1/22\times\frac{6000\times10^{-7}(\text{mm})}{3(\text{mm})} = 2/44\times10^{-4}(\text{rad})$

$x\,\theta = 2$ متر $\Rightarrow x = \frac{2}{2/44\times10^{-4}} = 8196/7\text{m} \sim 8/2\text{km}$

۴- ۴)




$AB = 1\ \text{m}$

$d = 10\ \text{km} = 10^4\ \text{m}$

$\lambda = 6000\,\text{A}^\circ$

$AB = 1/22\frac{\lambda}{2}\frac{P}{R} \Rightarrow 1 = 1/22\times\frac{6000\times10^{-10}\times10^{2}}{2R}$

$2R = 0/73\ \text{Cm}$

۵- ۱) $\sin\theta \cong \theta = 1/22\frac{\lambda}{d}$ و $\frac{d}{D} = 2\theta = 2(1/22)\frac{\lambda}{d}$

$\Rightarrow d^2 = 2/44\lambda D \Rightarrow d = \sqrt{2/44\lambda D}$

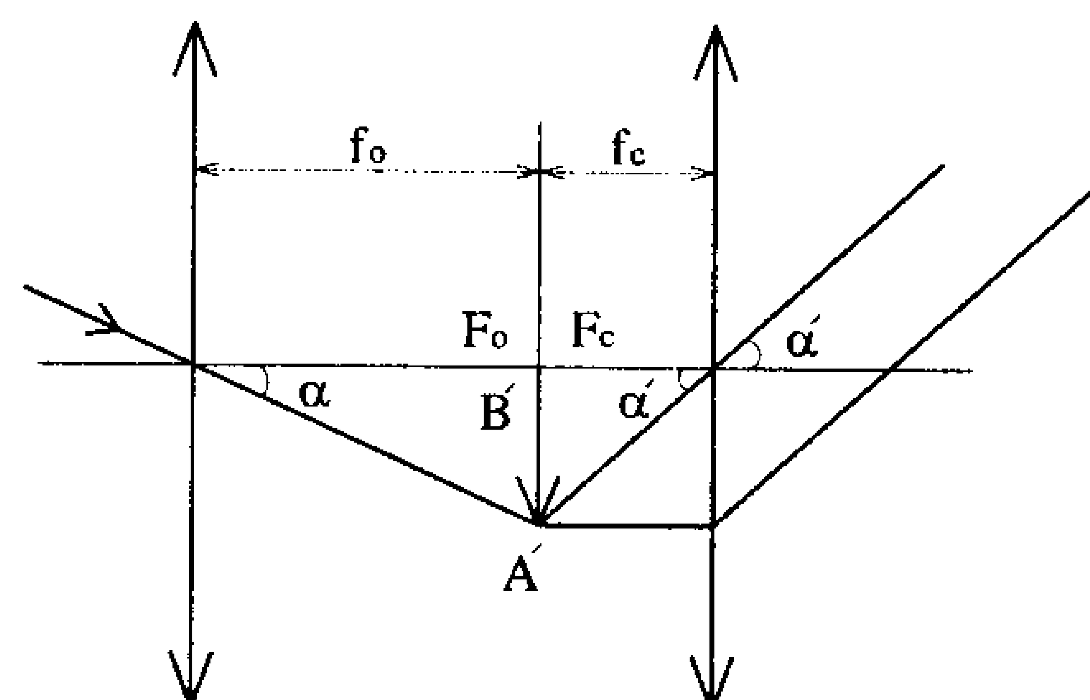
**۶- ۲)**

$\alpha < ۶^\circ \Rightarrow \tan \approx \alpha_{rad}$

$$\frac{D}{۱۸۰} = \frac{R}{۳/۱۴} \Rightarrow \frac{\frac{۱}{۲}}{۱۸۰} = \frac{R}{۳/۱۴} \Rightarrow R = \frac{۳/۱۴}{۳۶۰}$$

$$\alpha \approx \tan\alpha = \frac{A'B'}{f_\circ} \Rightarrow A'B' = \alpha f_\circ = \frac{۳/۱۴}{۳۶۰} \times ۱۷/۴$$

$A'B' \approx ۱۵/۱۸ \text{ Cm}$




**۷- ۴)** با مشتق از رابطه پراش (d′ فاصله میان شکافها)

$d' \sin\theta = m\lambda$

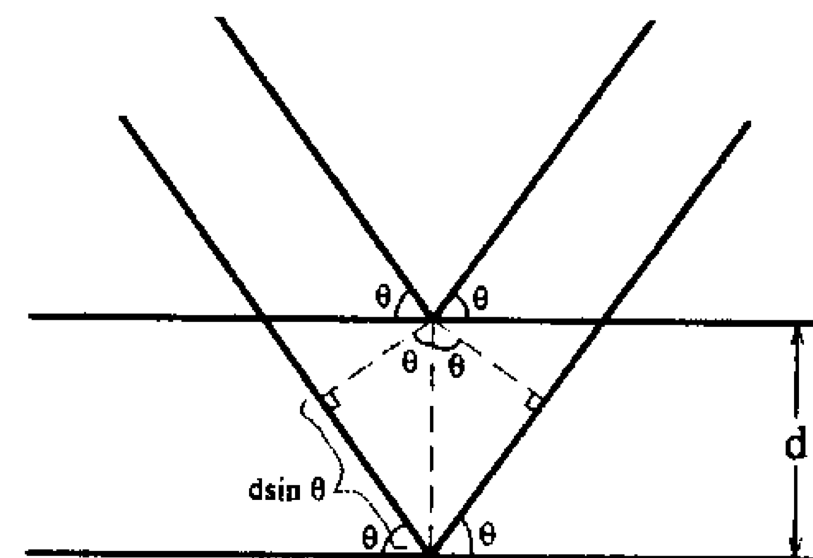
$$d'\cos\theta d\theta = md\lambda \Rightarrow \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d'\cos\theta}, \frac{m}{d'} = \frac{\sin\theta}{\lambda} \Rightarrow \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{\sin\theta}{\lambda\cos\theta} = \frac{\tan\theta}{\lambda}$$ پاشندگی زاویه‌ای

**۸- ۱)** معادله براگ برای ماکزیممها در طرح پراش برابر است با :

$m\lambda = ۲ d \sin\theta$

$\theta = ۳۰^\circ$ و $m = ۱$ و $d = ۳ A^\circ$

$$\lambda = ۲ \times ۳ \times \frac{۱}{۲} = ۳A^\circ$$




**۹- ۲)**

$$I = I_\circ \sin^۲\left(\frac{\pi d}{\lambda L}\right) \bigg/ \left(\frac{\pi d}{\lambda L} y\right)^۲$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} I dy = ۲\int_\circ^\infty I dy \quad \frac{\pi d}{\lambda L} y = x$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} I dy = ۲I_\circ \int_\circ^\infty \left(\sin^۲(x)/x^۲\right) dx \ \frac{\lambda L}{\pi d} = (۲I\lambda L/\pi d)(\pi/۲) = I_\circ \lambda L/d$$

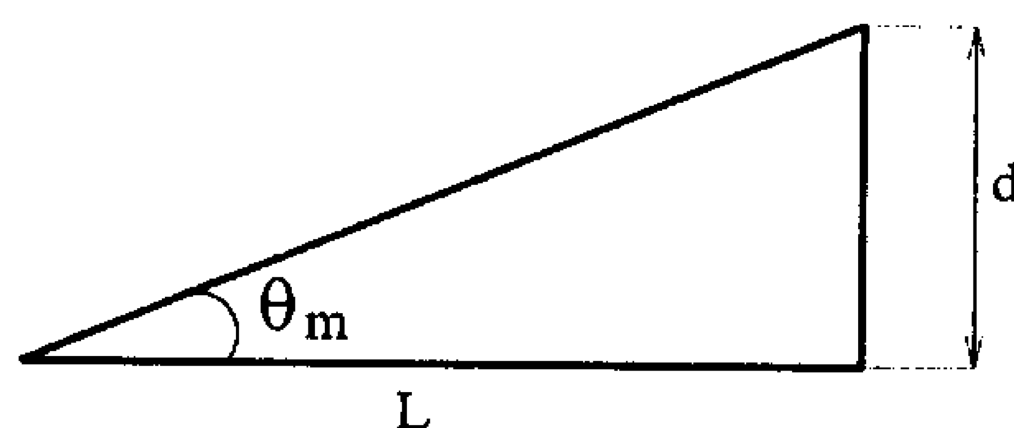
لازم است بدانیم :

$$\int_\circ^\infty \frac{\sin x}{x} dx = \int_\circ^\infty \frac{\sin^۲ x}{x^۲} dx = \frac{\pi}{۲}$$

**۱۰- ۳)**

$$\theta_m = \frac{d}{L} = ۱/۲۲ \frac{\lambda}{d}$$

از تعریف رادیان برداشت می‌شود که $d = L\,\theta_m$




$d = ۱ \text{ m}$ و $L = ۱۰۰۰۰ \text{ m}$

$D = ۱/۲۲ \lambda/\theta_m = ۰/۷۳ \text{ Cm}$

$\theta_m = ۱۰^{-۴} \text{ rad}$ و $\lambda = ۶۰۰۰ A^\circ$

**۱۱- ۲)** اگر $\lambda$ طول موج و D قطر لنز (عدسی) باشد.

$$\theta_m = ۱/۲۲ \frac{\lambda}{d}$$

$\lambda = ۶۰۰۰\ A^\circ$ $D = ۳\ mm$

پس $\theta_m = ۱/۲۲ \frac{۶۰۰۰ \times ۱۰^{-۱۰}}{۳ \times ۱۰^{-۳}} = ۲/۴۴ \times ۱۰^{-۴} rad$

$\theta_m = d/L$ $L = d/\theta_m = ۲ /(۲/۴۴ \times ۱۰^{-۷}) = ۸/۲ \times ۱۰^{۳}\ m = ۸/۲\ km$

**۱۲- ۴)** برای یک توری پراش عبوری تخت شرط ماکزیمم (تداخل سازنده) چنین است :

$d' \sin\theta = m\lambda$

m = ۰ و ۱ و ۲ و ۳ و ... مرتبه طیف را می‌دهد. $d' \cos\theta\, d\theta = m\, d\lambda$

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d'\cos\theta}$$

$\frac{m}{d'} = \frac{\sin\theta}{\lambda} \Rightarrow \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{۱}{\lambda}\tan\theta$ پراکندگی زاویه‌ای

برای آن‌که فاصله خطوط موازی با دیفرانسیل اشتباه نشود آن را با $d'$ نمایش دادیم.

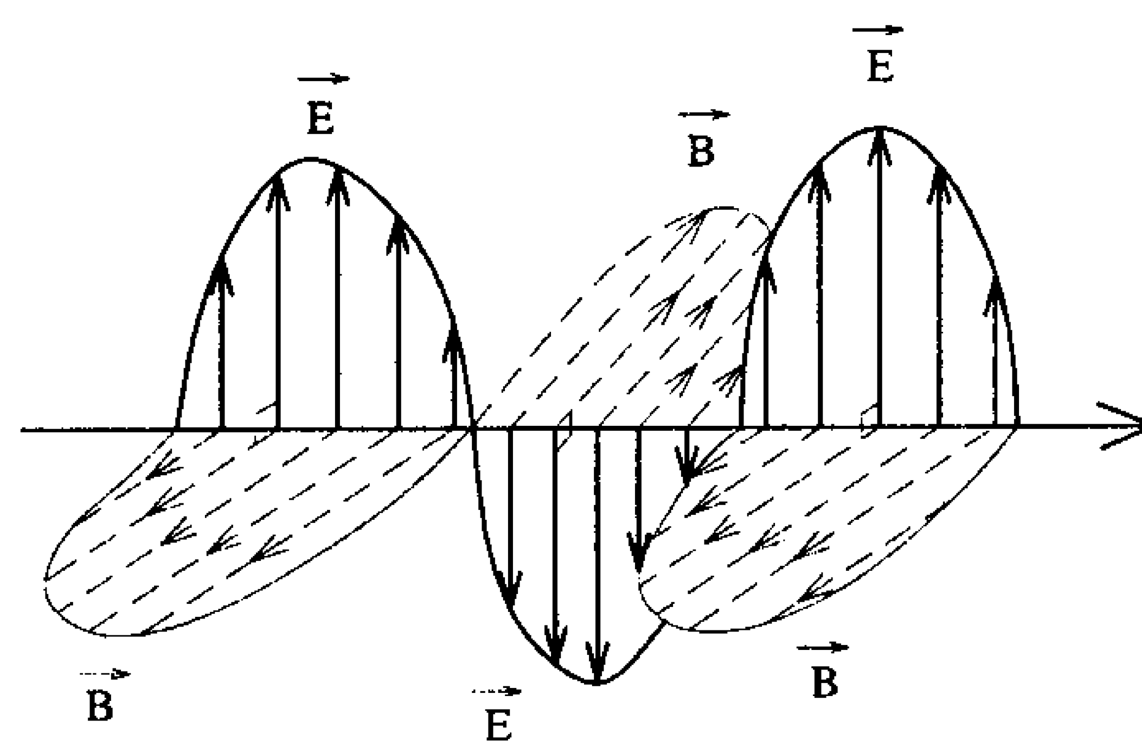
# فصل ششم

# قطبش

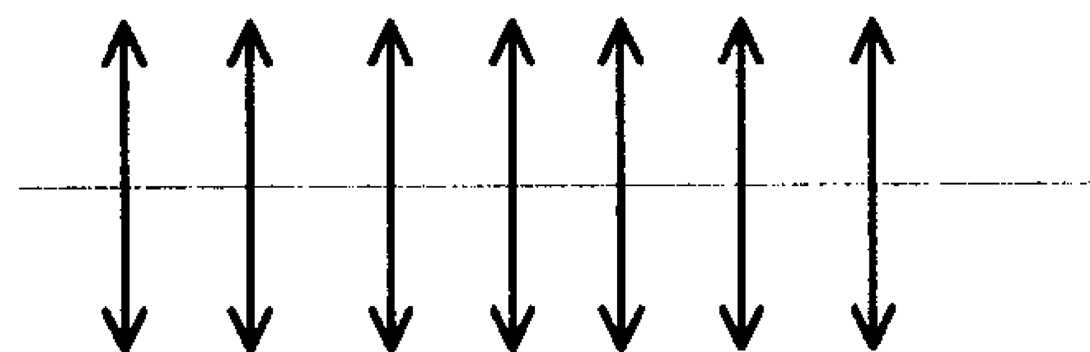
## ۱- ۶ قطبش

می‌دانیم که موج الکترومغناطیس عرضی است، به عبارتی راستای ارتعاش $\vec{E}$ و $\vec{B}$ عمود بر جهت انتشار موج است. حال اگر راستای ارتعاشات بردار $\vec{E}$ در تمام نقاط موازی یکدیگر باشند که تشکیل صفحه‌ای به نام صفحه ارتعاش می‌دهند. موج قطبیده خطی است :

موج قطبیده خطی



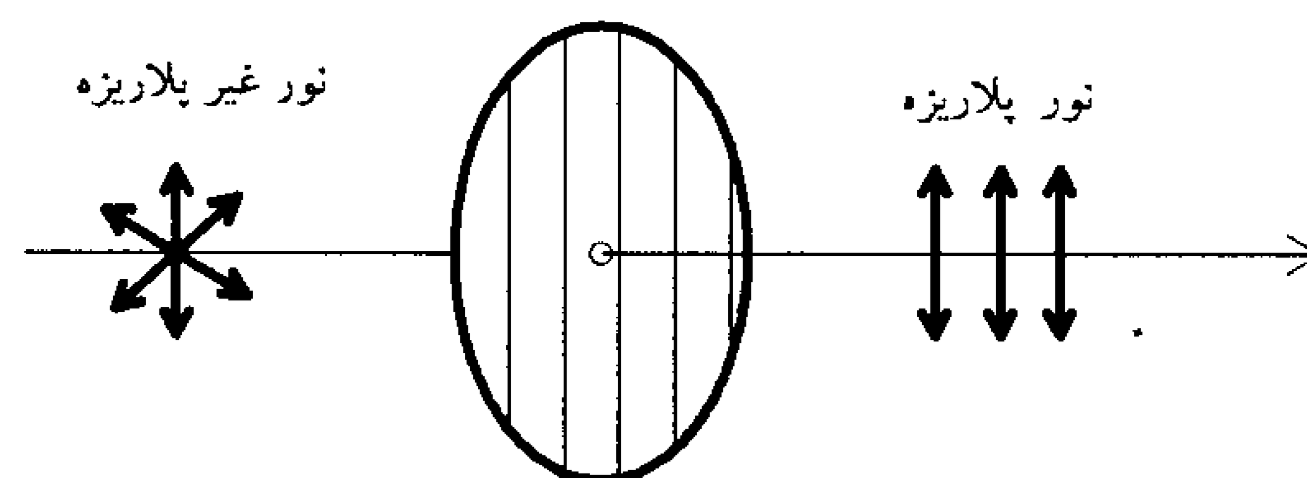

که به صورت روبه‌رو نمایش می‌دهیم :



**نکته :** عرضی بودن نور را نمی‌توان با استفاده از تداخل و پراش نشان داد. اما با استفاده از خصوصیت نور قطبیده می‌توان عرضی بودن نور را نشان داد. اگر نور را به بلور کلسیت بتابانیم، دو باریکه مجزا تولید می‌شود ولی از تداخل این دو موج که همدوس نیز هستند، نوارهای تداخلی ایجاد نمی‌شود چرا که صفحه‌های ارتعاشات دو باریکه بر هم عمودند.

## ۲- ۶ ورقه‌های قطبی‌کننده

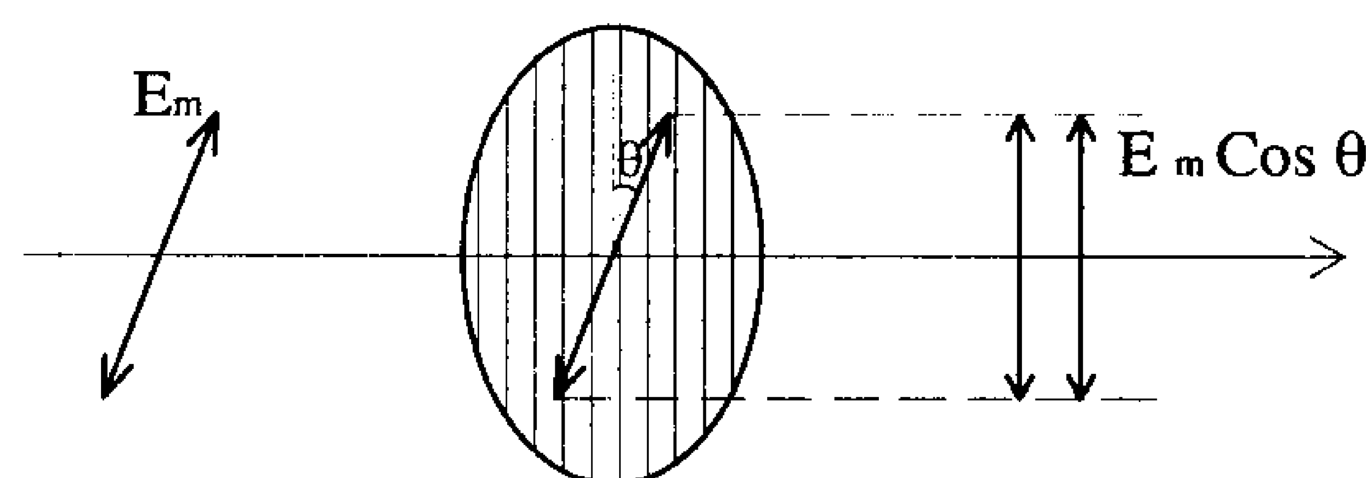
در ورقه‌های قطبی‌کننده (پولاروید) برای قطبش راستای خاصی داریم، این ورقه‌ها فقط قطار موجهایی را از خود عبور می‌دهند که بردارهای الکتریکی آنها موازی با این راستاهای خاص هستند.




اگر دامنه نور خطی پلاریزه‌ای که به صفحه پلاروید می‌خورد $E_m$ باشد و بردار $\vec{E}$ با راستای قطبش صفحه پلاروید زاویه $\theta$ بسازد. برای نور خروجی از صفحه پلاروید داریم :

$E = E_m \cos\theta$

$I = I_m \cos^2\theta$ : قانون مالوس



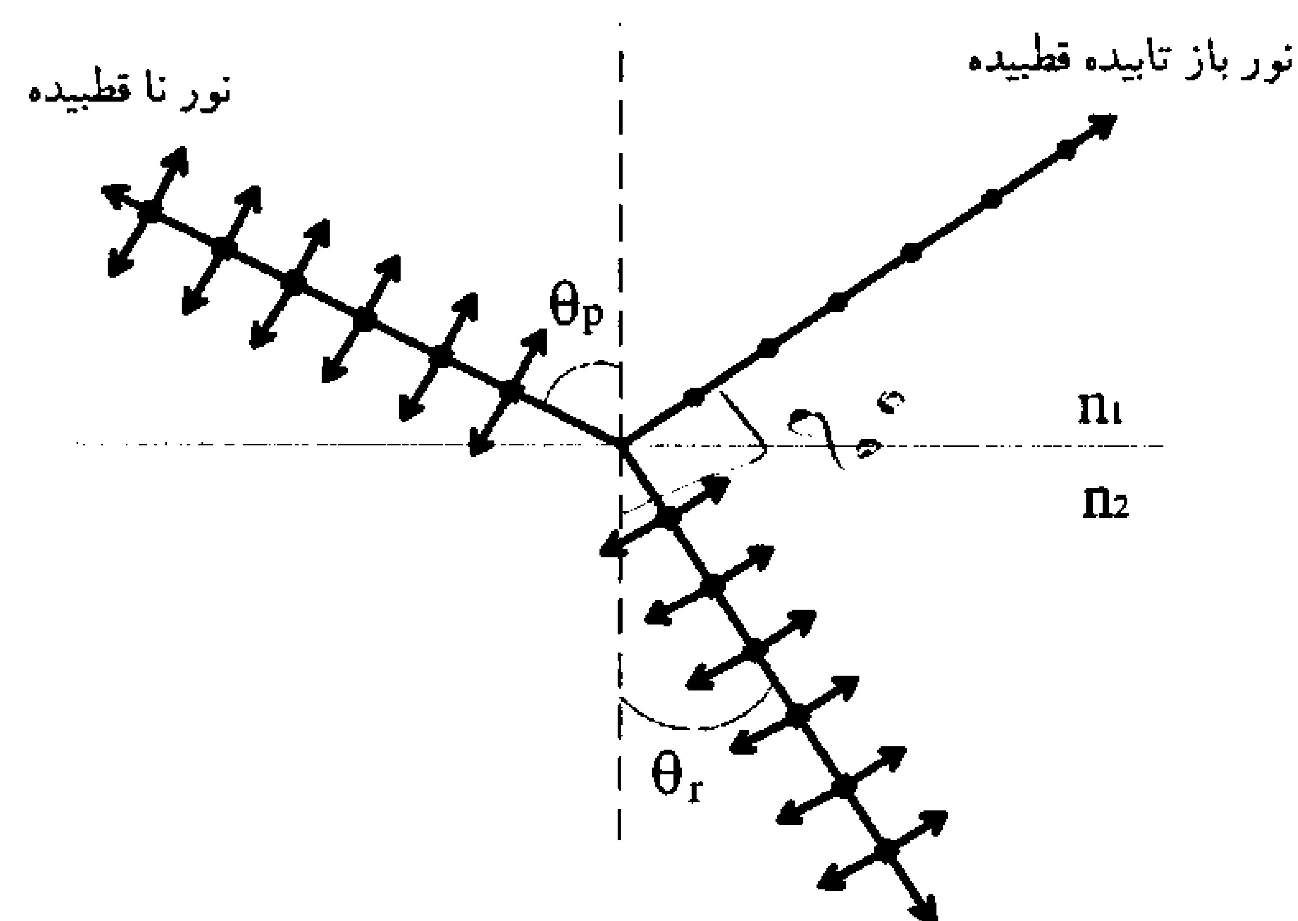

## ۳- ۶ قطبیدگی در اثر بازتاب

مالوس کشف کرد که نور در اثر بازتابش ممکن است به طور نسبی یا به طور کامل قطبیده شود. به ازای یک زاویه خاص تابش $\theta_p$ ، نور باز تابیده کاملاً قطبیده می‌شود و فقط بخشی از نور عبوری قطبیده می‌شود. در این حالت پرتو بازتابیده بر پرتو شکست عمود است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌کنید صفحه ارتعاش نور باز تابیده خطی قطبیده عمود بر صفحه شکل است.

$$\begin{cases} \theta_p + \theta_r = ۹۰^\circ \\ n_۱ \sin\theta_p = n_۲ \sin\theta_r = n_۲ \sin(۹۰^\circ - \theta_p) \end{cases}$$

$$\Rightarrow n_۱ \sin\theta_p = n_۲ \cos\theta_p$$

$$\Rightarrow \tan\theta_p = \frac{n_۲}{n_۱} \Rightarrow \theta_p = \tan^{-۱}\frac{n_۲}{n_۱}$$



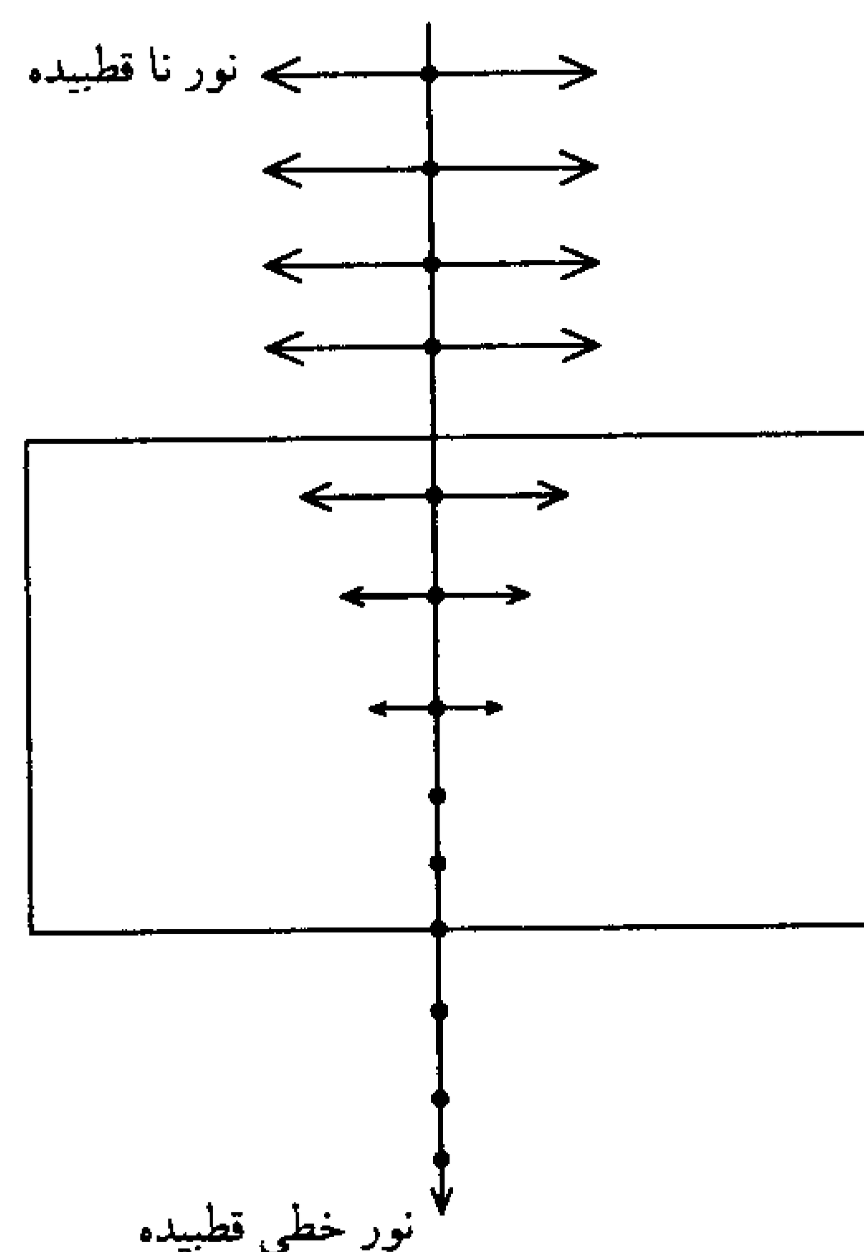
## ۴- ۶ شکست دوگانه و بلورهای دو رنگی

برخی از جامدات بلوری از لحاظ اپتیکی ناهمسانگردند، به عبارتی سرعت نور و در نتیجه ضریب شکست از جهت انتشار نور و نوع قطبیدگی نور مستقل نیستند. به عنوان مثال اگر باریکه نور ناقطبیده عمود بر یکی از وجوه بلور کلسیت به آن بتابد، این باریکه در سطح بلور به دو باریکه تبدیل می‌شود هر دو باریکه خطی قطبیده‌اند ولی صفحه‌های ارتعاش آن دو بر هم عمودند. یکی از باریکه ها (o) عادی بوده و از قانون شکست اسنل پیروی می‌کند ولی باریکه دوم (e) غیر عادی بوده و از قانون اسنل پیروی نمی‌کند :

**۱ـ** موج عادی o در تمام جهات با سرعت یکسان $v_o$ حرکت کرده و به عبارتی مانند جامد همسانگرد فقط دارای ضریب شکست عادی $n_o$ هستیم.

**۲ـ** موج e در بلور با سرعتی حرکت می‌کند که با توجه به جهت حرکت از $v_o$ تا $v_e$ تغییر می‌کند و در نتیجه ضریب شکست بسته به راستای حرکت از $n_o$ تا $n_e$ تغییر می‌کند.

بعضی از بلورها خاصیتی به نام دورنگی دارند. در این بلورها یکی از مؤلفه‌های قطبیدگی به شدت جذب شده و مؤلفه دیگر با اتلاف کمی عبور می‌کند. برای ساخت ورقه‌های پولاروید از این پدیده استفاده می‌شود.



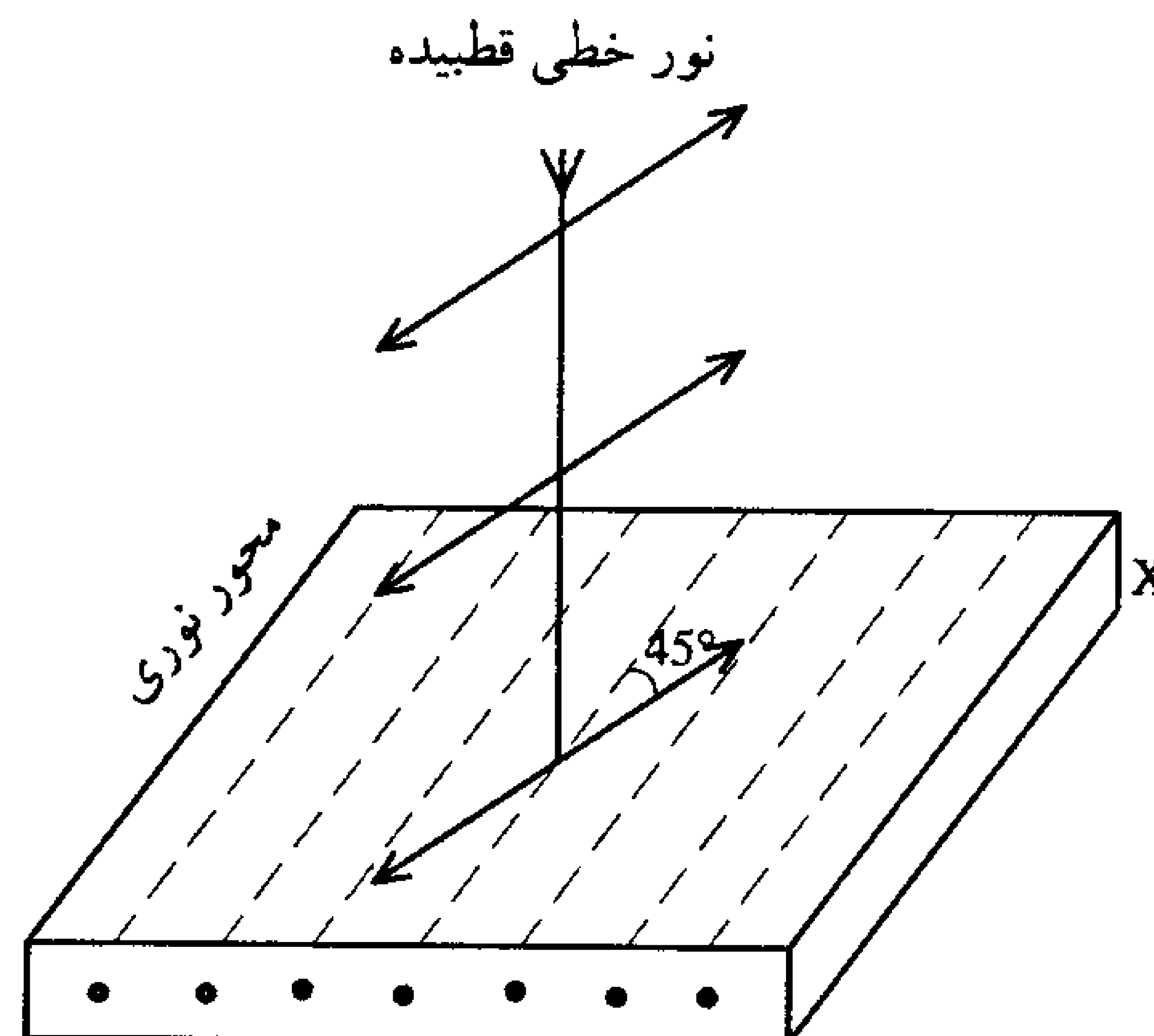

جهت خاصی به نام محور نوری در بلورهای دو شکستی وجود دارد که اگر نور در آن جهت به بلور بتابد باریکه‌ای که از بلور خارج می‌شود همان قطبیدگی باریکه فرودی را دارد و نمی‌توان امواج e و o را از یکدیگر متمایز کرد.

## ۵- ۶ قطبش دایره‌ای

در صورتی که نور خطی ـ قطبیده با فرکانس زاویه‌ای $\omega$ به صورت عمودی به تیغه‌ای از کلسیت بتابد که محور نوری آن موازی با وجه آن است همان گونه که قبلاً دیدیم دو موجی که خارج می‌شوند

خطی قطبیده عمود بر هم هستند، در صورتی که صفحه ارتعاش با محور نوری زاویه °۴۵ بسازد دامنه دو موج خروجی با هم مساوی هستند ولی برای موج عادی سرعت حرکت کمتر از موج غیرعادی است (در بلور کلسیت) و هنگامی که دو موج از بلور خارج می‌شوند دارای اختلاف فاز $\phi$ هستند.

با انتخاب مناسب ضخامت بلور می‌توان $\phi = ۹۰°$ را داشت (تیغه ربع موج). در این حالت نور خروجی دایره‌ای قطبیده است. به عبارتی دو موج خروجی خطی قطبیده را که بر یکدیگر عمودند و اختلاف فازشان °۹۰ است را می‌توان تصاویر برداری دانست که حول راستای انتشار با فرکانس زاویه‌ای $\omega$ دوران می‌کند.




اگر x ضخامت تیغه باشد :

$$N_e = \frac{x}{\lambda_e} = \frac{x}{\left(\frac{\lambda}{n_e}\right)} = \frac{xn_e}{\lambda}$$ تعداد طول موجهایی که از موج غیرعادی در تیغه می‌گنجد.

$$N_o = \frac{x}{\lambda_o} = \frac{xn_o}{\lambda}$$ تعداد طول موجهایی که از موج عادی در تیغه می‌گنجد.

$$N_e - N_o = \frac{x}{\lambda}(n_e - n_o)$$

بنابراین اختلاف فاز این دو موج خروجی عبارت است از :

$$\phi = ۲\pi(N_e - N_o) = \frac{۲\pi x}{\lambda}(n_e - n_o)$$

به عنوان مثال اگر بخواهیم $\phi = ۹۰°$ باشد :

$$\frac{\pi}{۲} = \frac{۲\pi x}{\lambda}(n_e - n_o) \Rightarrow \frac{۱}{۴} = \frac{x}{\lambda}(n_e - n_o)$$

## ۶- ۶ پرسشهای چندگزینه‌ای

**۱- مخلوطی از نور طبیعی و نور پلاریزه خطی را به یک پلاروید می‌تابانیم. اگر پلاروید را حول راستای انتشار نور دوران دهیم، نور خارج شده از پلاروید :**

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)**

۱ـ پلاریزه خطی بوده شدت آن کم و زیاد می‌شود.

۲ـ پلاریزه خطی بوده شدت آن نصف شدت نور ورودی است.

۳ـ پلاریزه خطی بوده شدت آن ثابت می‌ماند.

۴ـ مخلوطی از نور طبیعی و پلاریزه خطی بوده شدت آن کم و زیاد می‌شود.

**۲- نور طبیعی به مجموعه‌ای از دو پولاروید می‌تابد که نسبت به هم به طور متقاطع قرار گرفته‌اند در نتیجه :** **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)**

۱ـ نور خارج شده از دستگاه پولاریزه کامل خواهد بود زیرا هر یک از دو پولاروید در پولاریزه کردن نور سهیم است.

۲ـ نور خارج شده از دستگاه پولاریزه بوده شدت آن $\frac{۱}{۴}$ شدت نور ورودی است.

۳ـ هیچ نوری از این دستگاه خارج نمی‌شود زیرا هر یک از دو پولاروید به ترتیب نصف شدت انرژی نور را جذب می‌کنند.

۴ـ هیچ نوری از دستگاه خارج نمی‌شود زیرا بر طبق قانون برستر دو پولاروید مجموعاً یک جسم کدر را به وجود می‌آورند.

**۳- اگر محورهای دو صفحه پولاریزور با هم زاویه °۳۰ داشته باشند شدت نور خروجی چه کسری از شدت نور ورودی است ؟** **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

۱ـ $\frac{۳}{۸}$　　۲ـ $\frac{۳}{۴}$

۳ـ $\frac{۱}{۴}$　　۴ـ $\frac{۱}{۳}$

**۴- دو ورقه پولاروید طوری قرار دارند که محورهایشان با هم موازی است. یکی از ورقه‌ها را به اندازه °۶۰ می‌چرخانیم. نسبت شدت نور عبوری در حالت اول به شدت نور عبوری در حالت دوم چقدر است ؟** **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)**

۱ـ $\frac{۱}{۴}$　　۲ـ ۴

۳ـ $\frac{۴}{۳}$　　۴ـ $\frac{۳}{۴}$

۵- سه پولاروید به طور موازی پشت سر هم قرار دارند. محورهای انتقال (محورهای تراگسبیل) پولارویدهای اول و سوم بر هم عمودند. نور طبیعی به شدت $\varepsilon_0$ به پولاروید اول می‌تابد و با شدت $\frac{5}{72}\varepsilon_0$ از پولاروید سوم خارج می‌شود. زاویه بین محورهای انتقال پولاروید اول و دوم مساوی است با :

**(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۷ و ۷۸)**

۱ـ $\text{Arc}\cos\frac{\sqrt{5}}{6}$ ۲ـ $\text{Arc}\cos\frac{5}{6}$ ۳ـ $\text{Arc}\cos\frac{1}{6}$ ۴ـ $\text{Arc}\cos\frac{1}{\sqrt{6}}$

۶- چهار پولاروید به طور موازی در کنار هم قرار گرفته‌اند به طوری که محور هر پولاروید با محور پولاروید مجاور آن زاویه $30^\circ$ می‌سازد. نور طبیعی به شدت I بر این مجموعه می‌تابد. شدت نور خارج شده از این مجموعه مساوی است با :

**(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)**

۱ـ $\frac{9}{32}I$ ۲ـ $\frac{27}{128}I$ ۳ـ $\frac{27}{64}I$ ۴ـ $\frac{9}{16}I$

۷- یک شعاع نور در هوا تحت زاویه i بر سطح یک شیشه مسطح به ضریب شکست n برخورد کرده منعکس می‌شود. شعاع بازتابیده کاملاً پولاریزه است، در نتیجه شعاع ........ و شعاع شکست بر هم عمودند و .............. **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)**

۱ـ بازتابش ـ $\tan i = n$ ۲ـ تابش ـ $\tan i = n$

۳ـ تابش ـ $\text{Cotg}\, i = n$ ۴ـ بازتابش ـ $\text{Cotg}\, i = n$

۸- یک شعاع نور تحت زاویه بروستر ($i_b$) بر سطح آب به ضریب شکست n می‌تابد. شعاع نور بازتابیده از سطح آب : **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)**

۱ـ پولاریزه ناقص است و $\sin i_b = n$

۲ـ پولاریزه ناقص است و $\tan i_b = n$

۳ـ پولاریزه کامل است و $\sin i_b = n$

۴ـ پولاریزه کامل است و $\tan i_b = n$

۹- یک تیغه شیشه‌ای با ضریب شکست ۱/۵ را به عنوان پولاریزور به کار می‌بریم زاویه قطبیدگی کامل چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱ـ ۴۹/۱ درجه ۲ـ ۳۵/۳ درجه

۳ـ ۲۶/۱ درجه ۴ـ ۵۶/۴ درجه

**۱۰- زاویه تابش نور آفتاب چند درجه بالای سطح باشد تا نور زرد موجود در آن که به سطح آب برخورد کند کاملاً قطبی منعکس شود. ضریب شکست آب برای نور زرد $\frac{۴}{۳}$ می‌باشد ؟**

**(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)**

۱ــ زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{۴}{۳}$ می‌باشد.

۲ــ متمم زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{۴}{۳}$ می‌باشد.

۳ــ مکمل زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{۴}{۳}$ می‌باشد.

۴ــ $\frac{\pi}{۲}$ به اضافه زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{۴}{۳}$ می‌باشد.

**۱۱- در مقابل شعاع نور باز تابیده از سطح آب، پولارویدی را قرار داده آن را حول راستای شعاع نور می‌چرخانیم شدت نور خارج شده از پولاروید کم و زیاد می‌شود اما هیچ وقت به صفر نمی‌رسد زیرا بر طبق قانون :** **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)**

۱ــ بروستر، شعاع بازتابیده پولاریزه نیست.

۲ــ بروستر، شعاع بازتابیده کاملاً پولاریزه شده است.

۳ــ مالوس، شعاع بازتابیده به طور جزئی پولاریزه شده است.

۴ــ مالوس، شعاع بازتابیده به طور کامل پولاریزه شده است.

## ۷- ۶ پاسخهای تشریحی

**۱- ۱)** نور طبیعی پس از عبور از پولاروید، به صورت نور پولاریزه خطی خارج می‌شود که شدت آن نصف شدت نور ورودی است ولی چون نور پولاریزه نیز همراه نور طبیعی به پولاروید تابیده شده است با توجه به رابطه $I = I_{\circ} \cos^{۲}\theta$ با چرخش پولاروید، شدت نور خروجی نور پولاریزه اولیه، بسته به آن‌که چه زاویه‌ای با محور پولاروید می‌سازد تغییر می‌کند پس در کل نور خروجی نهایی پولاریزه خطی بوده و شدت آن کم و زیاد می‌شود.

**۲- ۱)** اگر محورهای دو پولاروید با هم زاویه $\theta$ بسازند و شدت نور تابیده به پولاروید اول $I_{\circ}$ باشد $I_۱ = \left(\frac{۱}{۲}\right) I_{\circ}$ به صورت نور پولاریزه به پولاروید دوم تابیده و نور خروجی $I_۱ \cos^{۲}\theta$ خواهد بود.

**۳- ۱)** $I' = I\cos^{۲}\theta = I(\cos ۳۰)^{۲} = \frac{۳}{۴} I$

$I_{\circ} =$ شدت نور ورودی

$I = \frac{۱}{۲} I_{\circ}$ (شدت نور قطبی شده $= I$)

$I =$ شدت نور عبوری از پولاریزور

(شدت نور قطبی نشده $= I_{\circ}$)

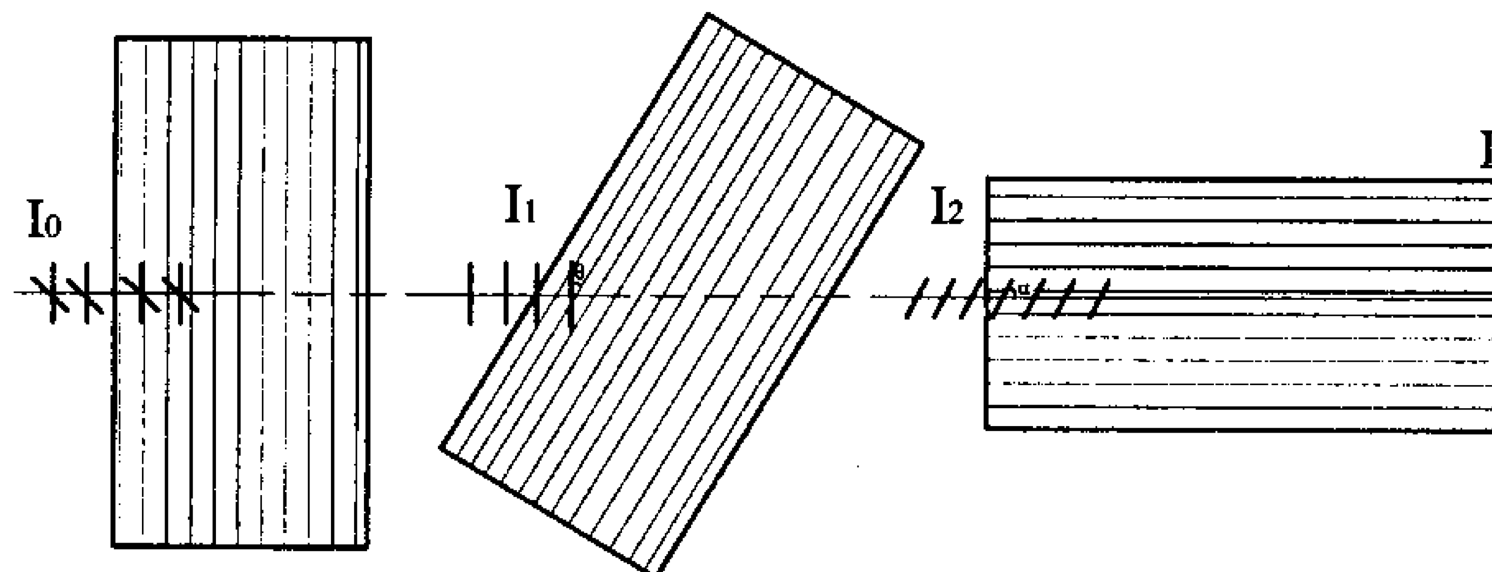
$I' =$ شدت نور عبور از آنالیزور

به طور متوسط فقط نیمی از قطارهای موج از قطبی‌کننده عبور می‌کنند.

$$I' = \frac{۳}{۴} \times \frac{۱}{۲} I_{\circ} = \frac{۳}{۸} I_{\circ} \Rightarrow \frac{I'}{I_{\circ}} = \frac{۳}{۸}$$

**۴-** $I = I_{\circ}\cos^{۲} ۶۰ = I_{\circ}\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۲} = \frac{I_{\circ}}{۴}$   $\frac{I_{\circ}}{I} = ۴$

**۵- ؟)**




$$I_{\circ} = ۴۰ \Rightarrow I_۱ = ۴۰\overline{\cos^{۲}\theta} = \frac{۱}{۲} ۴۰ = ۲۰$$

$$I_۲ = I_۱ \cos^{۲}\theta \ , \ \alpha = \frac{\pi}{۲} - \theta \Rightarrow \cos\alpha = \cos\left(\frac{\pi}{۲} - \theta\right) = \sin\theta$$

$$I_۳ = I_۲ \cos^{۲}\alpha = I_۲ \cos\left(\frac{\pi}{۲} - \theta\right) = I_۲ \sin^{۲}\theta = I_۱ \cos^{۲}\theta \sin^{۲}\theta$$

$$\Rightarrow \frac{۵}{۷۲} ۴۰ = ۲۰\left[\frac{۱}{۴}\sin^{۲} ۲\theta\right] \Rightarrow \sin^{۲} ۲\theta = \frac{۴۰}{۷۲} = \frac{۵}{۹}$$

$$\cos^{۲} ۲\theta = ۱ - \frac{۵}{۹} = \frac{۴}{۹} \Rightarrow \cos ۲\theta = \frac{۲}{۳}$$

$$\cos^{2}\theta=\frac{1+\cos 2\theta}{2}=\frac{1+\frac{2}{3}}{2}=\frac{5}{6}\Rightarrow \cos\theta=\sqrt{\frac{5}{6}}$$
$$\Rightarrow \theta=\cos^{-1}\sqrt{\frac{5}{6}}$$

**۶- ۲)** برای نور عبوری از پولاروید اول چون نور تابیده معمولی است ($\overline{\cos^{2}\theta}=\frac{1}{2}$) داریم $I_1=\left(\frac{1}{2}\right)I_0$ و برای نور عبوری از پولاروید دوم $I_1\cos^{2}30$ و به همین ترتیب نور از پولاروید سوم و چهارم عبور می‌کند.

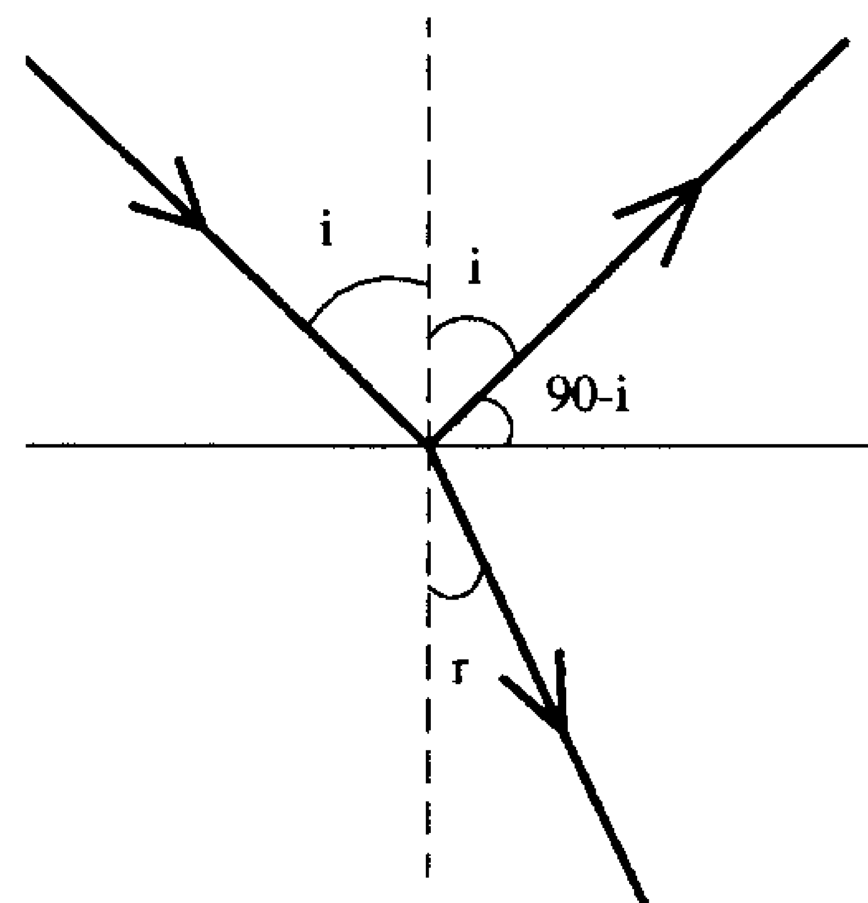
$$I=\left((I_1\cos^{2}30)\cos^{2}30\right)\cos^{2}30=\frac{1}{2}I_0\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{2}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{2}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{2}=\frac{27}{128}I_0$$

**۷- ۳)** ۱

**۸- ۴)**

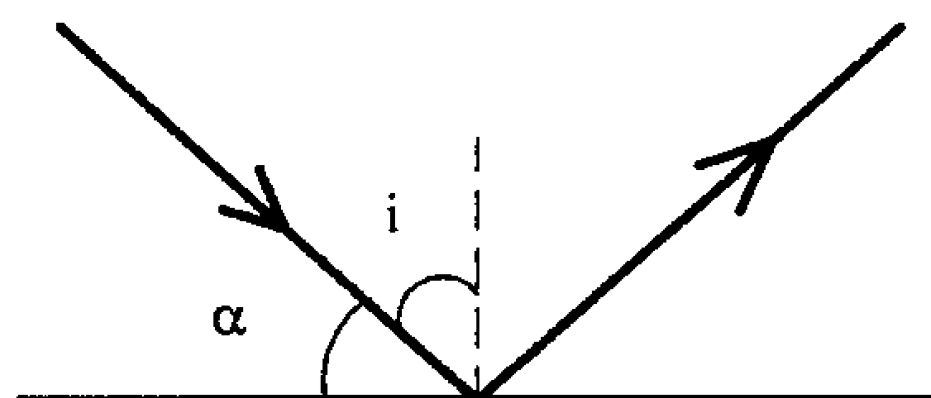
**۹- ۴)** به دلیل اینکه نور کاملاً قطبیده شود باید پرتو شکست و انعکاس بر هم عمود باشند.

$$\frac{\sin i}{\sin r}=n \quad \text{و} \quad i+r=90^{\circ}$$
$$n=\frac{\sin i}{\sin(90-i)}=\frac{\sin i}{\cos i}=\tan i$$
$$1/5=\tan i\Rightarrow i=56/4^{\circ}$$




**۱۰- ۲)**

$$\tan i=\frac{4}{3}$$
$$\alpha=90-i$$




**۱۱- ۱)** اگر تمام نور بازتابیده پولاریزه بود هنگامی که محور صفحه پولاروید عمود بر صفحه پولاریزاسیون نور می‌شد. شدت نور خروجی صفر می‌گردید.

## فهرست انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران (مجتمع فنی تهران)

## فهرست کتابهای ویژه آزمونهای کاردانی پیوسته، کاردانی به کارشناسی ، کارشناسی ارشد و دکتری (Ph.D) دانشگاههای آزاد و دولتی

| | کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد | مؤلف / مترجم |
|---|---|---|
| ۱ | کتابداری و اطلاع رسانی | اصغر بختیارزاده |
| ۲ | علوم سیاسی و روابط بین الملل | ابراهیم رستمی‌فر |
| ۳ | ادبیات فارسی(باتجدید نظر) | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴ | معارف اسلامی (باتجدید نظر) | حسن نمازی |
| ۵ | زبان انگلیسی (با تجدید نظر) | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۶ | ریاضی (با تجدید نظر) | مهندس سعید سعادت |
| ۷ | حل تشریحی مسائل ریاضی | مهندس سعید سعادت |
| ۸ | پرسشهای چهارگزینه‌ای ریاضی (باتجدید نظر) | مهندس سعید سعادت |
| ۹ | پاسخ پرسشهای چهارگزینه‌ای ریاضی | مهندس سعید سعادت |
| ۱۰ | فیزیک | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۱ | شیمی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۲ | بیوشیمی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۳ | فیزیولوژی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۴ | الکترومغناطیس | امیری ـ مصلایی پور |
| ۱۵ | مکانیک کوانتومی | امیری ـ مصلایی پور |
| ۱۶ | مکانیک تحلیلی | امیری ـ مصلایی پور |
| ۱۷ | فیزیک GRE | امیری ـ مصلایی پور |
| ۱۸ | زیست سلولی | مریم خالصی |
| ۱۹ | زیست مولکولی | مریم خالصی |
| ۲۰ | زبان تخصصی پزشکی (جلد اول) | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۲۱ | زبان تخصصی پزشکی (جلد دوم) | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۲۲ | فیزیولوژی انسانی | شهرزاد خاکپور |
| ۲۳ | ایمنی شناسی تخصصی | دکتر فرخ السادات شریعتی |
| ۲۴ | میکروب شناسی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۲۵ | قارچ شناسی پزشکی | پروانه عدیمی |
| ۲۶ | انگل شناسی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۲۷ | ویروس شناسی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۲۸ | بافت شناسی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۲۹ | خون شناسی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۳۰ | ایمنی شناسی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۳۱ | اپیدمیولوژی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۳۲ | حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین | دکتر حمید بلقیس زاده |
| ۳۳ | زیست شناسی عمومی | مریم خالصی |
| ۳۴ | آناتومی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۳۵ | میکروبیولوژی محیط زیست (جلد اول) | دکتر یغمائیان و دکتر خانی |
| ۳۶ | میکروبیولوژی محیط زیست (جلد دوم) | دکتر یغمائیان و دکتر خانی |
| ۳۷ | مهندسی فاضلاب | دکتر یغمائیان و خانی و اکبرزاده |
| ۳۸ | آلودگی هوا | دکتر یغمائیان و دکتر خانی |
| ۳۹ | مواد زاید جامد | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴۰ | عوامل زیان آور محیط کار | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴۱ | بیماریهای شغلی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴۲ | تغذیه | واحد تحقیقات و انتشارات |

| | کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد | مؤلف / مترجم |
|---|---|---|
| ۴۳ | بهداشت مواد غذایی | دکتر اراسب دباغ مقدم |
| ۴۴ | بهداشت عمومی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴۵ | بهداشت خانواده | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴۶ | آموزش بهداشت | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴۷ | سم شناسی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۴۸ | ریاضی کاربردی تصفیه خانه آب | دکتریغمائیان و دکترخانی |
| ۴۹ | ریاضی کاربردی تصفیه خانه فاضلاب | دکتر یغمائیان و دکتر خانی |
| ۵۰ | تصفیه آب | دکتر یغمائیان و دکتر خانی |
| ۵۱ | پرستاری بیماریهای داخلی جراحی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۵۲ | پرستاری بهداشت مادران و نوزادان | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۵۳ | پرستاری بیماریهای کودکان | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۵۴ | پرستاری بهداشت جامعه | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۵۵ | پرستاری بیماریهای روانی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۵۶ | نوزادان | مینو پاک گوهر |
| ۵۷ | بیماریهای داخلی جراحی در مامایی | دکتر اوهانس خاچاطوریان |
| ۵۸ | بهداشت مادر و کودک | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۵۹ | بیماریهای زنان و زایمان | دکترمحمدصادق پور عباسی |
| ۶۰ | جنین شناسی | مینو پاک گوهر |
| ۶۱ | بارداری و زایمان (عادی و غیرعادی) | مینو پاک گوهر |
| ۶۲ | کلیات خدمات بهداشتی جلد ۱ - بهداشت محیط | دکترخانی و دکتر یغمائیان |
| ۶۳ | کلیات خدمات بهداشتی جلد۲ - بهداشت عمومی | دکتر خانی و دکتر یغمائیان |
| ۶۴ | کلیات خدمات بهداشتی جلد ۳- بهداشت حرفه‌ای | دکتر خانی و دکتر یغمائیان |
| ۶۵ | علوم و صنایع غذایی | انصاری - نوبخت حقیقی |
| ۶۶ | آمار حیاتی (زیستی) | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۶۷ | شیمی محیط زیست | دکتر خانی و دکتر یغمائیان |
| ۶۸ | مدارک پزشکی | لنگری‌زاده - شاهوردیان - جعفری کرویق |
| ۶۹ | مصالح ساختمان | مهندس اکبرزادگان |
| ۷۰ | متره و برآورد | مهندس اکبرزادگان |
| ۷۱ | نقشه‌برداری | دکتر مسعودی، منشوری و خانی |
| ۷۲ | استاتیک | مهندس علیرضا پارسای |
| ۷۳ | راه‌سازی | مهندس اکبرزادگان |
| ۷۴ | مقاومت مصالح (کاردانی به کارشناسی) | مهندس کریمی لاهرودی |
| ۷۵ | هیدرولیک | دکتر مهراسبی |
| ۷۶ | تحلیل سازه‌ها | مهندسین بهناز خاکباز - علی شیرازی |
| ۷۷ | سازه‌های فولادی | مهندسین پیام اشتری - مجتبی اصفهانی |
| ۷۸ | سازه‌های بتونی | مهندس اسکویی |
| ۷۹ | ترمودینامیک | مهندس مرتضی رحمانی |
| ۸۰ | تکنولوژی مواد | مهندس پارسای |
| ۸۱ | هیدرولوژی | دکتر شکوهی |
| ۸۲ | مقاومت مصالح (کارشناسی ارشد) | گروه مؤلفان - دکتر استکانچی |
| ۸۳ | مکانیک خاک و مهندسی پی | گروه مؤلفان- دکتر جعفرزاده |
| ۸۴ | مکانیک سیالات و هیدرولیک | مهندسین سارنگ و جوادی |
| ۸۵ | الکترونیک عمومی ۱و۲ | مهندسین تاجیک و رزم آرا |
| ۸۶ | مدارهای الکتریکی | واحد تحقیقات و انتشارات |

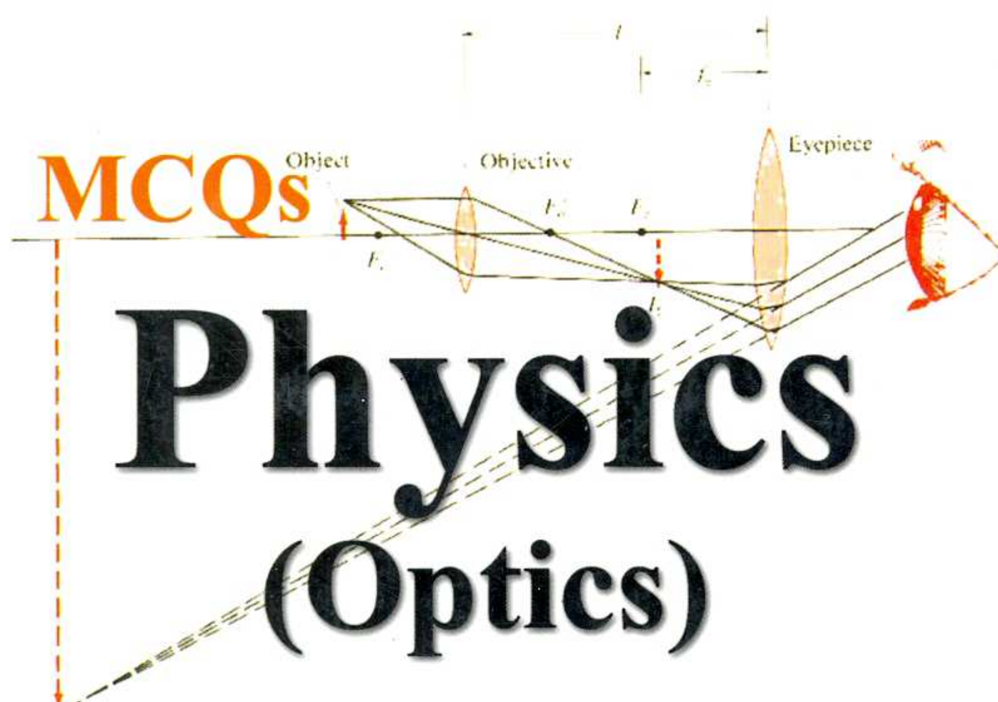
| | کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد | مؤلف / مترجم |
|---|---|---|
| ۸۷ | اطلاعات عمومی کامپیوتر و سیستم عامل | مهندس عادلی نیا |
| ۸۸ | ریاضیات گسسته | مهندسین زرین زاده و فیضیان |
| ۸۹ | معادلات دیفرانسیل | مهندسین شادکام و یوسفی |
| ۹۰ | ریاضی عمومی ۲ | مهندسین یوسفی و شادکام |
| ۹۱ | ریاضیات مهندسی | مهندسین یوسفی و کربلایی |
| ۹۲ | ماشینهای الکتریکی | مهندس رزم آرا |
| ۹۳ | الکترونیک | مهندس خسرو پور |
| ۹۴ | زبان برنامه‌نویسی پاسکال | مهندس عادلی نیا و خانم ملکوتی خواه |
| ۹۵ | شناخت اجزای ماشین | حمیدرضا غلامرضایی |
| ۹۶ | انتقال حرارت | مهندسین پورگیری و خلجی |
| ۹۷ | زبان تخصصی کشاورزی (جلد اول) | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۹۸ | زبان تخصصی کشاورزی (جلد دوم) | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۹۹ | خاک شناسی عمومی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۰۰ | خاک شناسی (فیزیک، شیمی و حاصلخیزی خاک) | دکتر شعبانپور شهرستانی |
| ۱۰۱ | خاک شناسی (بیولوژی ، پیدایش و رده‌بندی خاک) | دکتر شعبانپور شهرستانی |
| ۱۰۲ | باغبانی عمومی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۰۳ | باغبانی (میوه ، گل ، سبزیکاری) | مهندسین قنبری و حسنی |
| ۱۰۴ | باغبانی (ازدیاد نباتات ،فیزیولوژی و ...) | دکتر قنبری و دکتر حق جویان |
| ۱۰۵ | گیاه شناسی عمومی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۰۶ | گیاه شناسی تخصصی | پریسا جنوبی |
| ۱۰۷ | گیاه پزشکی | دکتر شهر آیین و دکتر پور رحیم |
| ۱۰۸ | فیزیولوژی گیاهان زراعی | دکتر شیرانی راد |
| ۱۰۹ | حشره شناسی کشاورزی و آفات گیاهی | دکتر اربابی |
| ۱۱۰ | آمار و احتمالات کشاورزی | دکتر دانشیان |
| ۱۱۱ | طرحهای آماری در تحقیقات کشاورزی | دکتر شیرانی راد و مهندس خانی |
| ۱۱۲ | ماشینهای کشاورزی | مهندسین پیمان و شریفی |
| ۱۱۳ | زراعت | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۱۴ | آبیاری و زه‌کشی | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۱۵ | آبخیزداری، فرسایش و حفاظت خاک | دکتر شعبانپور شهرستانی |
| ۱۱۶ | جانور شناسی | پریسا کریشچی خیابانی |
| ۱۱۷ | پرورش گاو | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۱۸ | پرورش گوسفند | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۱۹ | پرورش طیور | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۲۰ | تشریح و فیزیولوژی دام | مهندس نصابیان |
| ۱۲۱ | اصلاح دام | مهندس شهیر |
| ۱۲۲ | تغذیه دام و طیور (جلد اول) | مهندسین کریمی و نصابیان |
| ۱۲۳ | تغذیه دام و طیور (جلد دوم) | مهندسین کریمی و نصابیان |
| ۱۲۴ | قارچ شناسی و بیماریهای گیاهی | دکتر شهر آیین و دکتر پور رحیم |
| ۱۲۵ | ژنتیک کشاورزی | مهندس شهیر |
| ۱۲۶ | موتور و تراکتور | دکتر پیمان و مهندس شریفی |
| ۱۲۷ | اصول حسابداری | امید ابراهیم زاده |

| | کاردانی پیوسته | مؤلف / مترجم |
|---|---|---|
| ۱۲۸ | دروس عمومی و پایه کار دانش | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۲۹ | زبان انگلیسی | فرید نوبخت حقیقی |
| ۱۳۰ | زبان فارسی | حسن دلیلی کاجان |
| ۱۳۱ | ادبیات فارسی | میناترابی ـ معصومه دلال فرشیدی |
| ۱۳۲ | معارف اسلامی | حسن نمازی |
| ۱۳۳ | عربی | محمد جواد زینعلی |
| ۱۳۴ | شیمی (۱) | مرجان رهبری |
| ۱۳۵ | آب و خاک (۱) | مهندسین ساسانی و مهدی خانی |
| ۱۳۶ | آب و خاک (۲) | مهندسین ساسانی و مهدی خانی |
| ۱۳۷ | اصول تغذیه دام | واحد تحقیقات و انتشارات |
| ۱۳۸ | رنگ شناسی | سهیلا سمندی |
| ۱۳۹ | الکترونیک عمومی (۱) | مهندس شادکام انور |
| ۱۴۰ | مفاهیم و روشهای آماری ۱ و ۲ | مسعود یوسفی میاشرت |
| ۱۴۱ | فیزیک تخصصی | مرجان مصلایی پور |
| ۱۴۲ | ریاضیات (۱) | یوسفی مباشرت ـ هادی صمدی |
| ۱۴۳ | تجزیه ، تحلیل و طراحی سیستمها | مهندسین عادلی نیا و جعفری |
| ۱۴۴ | زبانهای نسل چهارم | مهندسین عادلی نیا و حکیمی |
| ۱۴۵ | سیستم عامل ۱ | مهندسین عادلی نیا و قربانی |
| ۱۴۶ | برنامه‌سازی کامپیوتر (پاسکال) | مهندسین عادلی نیا و ملکوتی خواه |
| ۱۴۷ | سواد کامپیوتری | بهرام غلامی |
| ۱۴۸ | تشریح و فیزیولوژی دام، طیور و ماهی | دکتر نسرین رئوفی و شهرام نصابیان |
| ۱۴۹ | عکاسی | طاهره مؤمنی |
| ۱۵۰ | مدارهای الکتریکی | مهندس حسن افشار |
| ۱۵۱ | ریاضیات ۲ | مهندسین یوسفی و صمدی |
| ۱۵۲ | سخت‌افزار ۱ | مهندس شادکام انور |
| ۱۵۳ | تغذیه و بهداشت مواد غذایی | مهدی رئوفی و شهرام نصابیان |

**آدرس : سعادت آباد ـ روبه‌روی بیمارستان مدرس ـ انتهای باغستان یک ـ نبش بلوار بهزاد ـ شماره ۱۰**
**کدپستی : ۱۹۹۸۶ تلفن ۵ - ۲۰۹۰۰۰۱ فکس : ۲۳۵۲۶۲۶**

TEHRAN DIBAGARAN
ARTISTIC AND CULTURAL INSTITUTE

RWTUV
TÜV CERT
EN ISO 9001
ISO 9001 Certificated
In Publication & Cover Design




# MCQs
# Physics
## (Optics)

By: Naser Zare Dehnavi   Hossien Mohsenipour

مؤسسه فرهنگی‌هنری‌دیباگران تهران
ساختمان‌مرکزی: سعادت آباد- بلوار بهزاد -شماره ۱۰
تلفن : ۵ -۲۰۹۰۰۰۱ دورنگار : ۲۳۵۲۶۲۶
E-mail : publishing@mftmail.com
URL: www.mftsite.com

ISBN 964-354-308-0

